

**PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM PENYALURAN
AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT (SPALD-T) JALUR
UTARA DAN TENGAH KOTA SURAKARTA**

TUGAS AKHIR



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun Oleh:

AZZAM FATTAHUL FIRDAUS

H75216054

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Azzam Fattahul Firdaus

NIM : H75216054

Program Studi : Teknik Lingkungan

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul “PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT (SPALD-T) JALUR UTARA DAN TENGAH KOTA SURAKARTA”. Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 28 Desember 2020



Yang menyatakan

(Azzam Fattahul Firdaus)

NIM. H75216054

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh:

NAMA : AZZAM FATTAHUL FIRDAUS

NIM : H75216054

JUDUL : PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM PENYALURAN
AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT (SPALD-T) JALUR
UTARA DAN TENGAH KOTA SURAKARTA

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 23 Desember 2020

Dosen Pembimbing I



Arqowi Priyadi, S.T., M.Eng.
NIP. 198701032014031001

Dosen Pembimbing II



Sulistiya Nengse, S.T., M.T.
NUP. 201603320

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Azzam Fattahul Firdaus ini telah dipertahankan
di depan tim penguji
di Surabaya, 28 Desember 2020

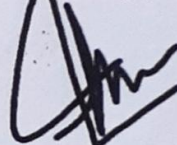
Mengesahkan,
Tim Penguji

Dosen Penguji I



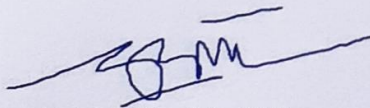
Arqowi Priyadi, S.T., M.Eng.
NIP. 198701032014031001

Dosen Penguji II



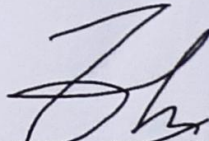
Sulistiya Nengse, S.T., M.T.
NUP. 201603320

Dosen Penguji III



Abdul Hakim, S.T., M.T.
NIP. 198008062014031002

Dosen Penguji IV



Teguh Taruna Utama, S.T., M.T.
NUP. 201603319

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Sunan Ampel Surabaya



Drs. H. Fatmatur Rusydiyah, M.Ag.
NIP. 197312272005012003



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Azzam Fattahul Firdaus
NIM : H75216054
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : azzamff@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT (SPALD-T) JALUR UTARA DAN TENGAH KOTA SURAKARTA.

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 28 Desember 2020

Penulis

(Azzam Fattahul Firdaus)

ABSTRAK

PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT (SPALD-T)

Kota Surakarta merupakan salah satu Kota terbesar di Provinsi Jawa Tengah. Luas Kota Surakarta yaitu 44,04 Km², dengan luas penggunaan tanah untuk pemukiman penduduk 2889,83 ha. Jumlah penduduk di Kota Surakarta setiap tahun meningkat. Laju pertumbuhan penduduk di Kota Surakarta adalah 0,328%. Kondisi eksisting sambungan rumah di SPALD-T jalur Utara masih terpasang 57,25% dari kapasitas IPAL. sedangkan wilayah Tengah sekitar 11,38% SR dari kapasitas IPAL. Kondisi ini masih dapat dilakukan optimalisasi dengan melakukan penambahan sambungan rumah sehingga IPAL dapat berfungsi lebih efisien. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mengetahui kondisi eksisting sistem penyaluran air limbah domestik terpusat Kota Surakarta, merencanakan pengembangan jaringan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat Kota Surakarta wilayah pelayanan Utara dan Tengah, dan Menghitung Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada perencanaan pengembangan SPALD-T jalur Utara dan Tengah Kota Surakarta. Pengumpulan data dilakukan dengan sebagian survey dan data dari Perumda Air Minum Kota Surakarta. Data yang diperoleh kemudian dihitung jumlah debit air limbah, kemudian dimensi pipa dan kedalaman galian. Pada perencanaan ini direncanakan penambahan 223 SR baru dan 1,5567 Km jalur perpipaan lateral baru. Perencanaan ini membutuhkan biaya Rp1.911.100.000,00.

vii

THE DEVELOPMENT PLAN OF DOMESTIC SEWERAGE SYSTEM IN NORTH AND CENTER AREA OF SURAKARTA

Keywords: Domestic wastewater, Sanitation, Surakarta, North, South.

DAFTAR ISI

X

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Debit Air Limbah Domestik Berdasar Kategori Kota	7
Tabel 2. 2 Tabel Koefisien Kekasaran Manning	18
Tabel 2. 3 Nilai d/D dengan Qpeak/Qfull	20
Tabel 2. 4 Bahan Dasar Pipa Air Limbah	23
Tabel 3. 1 Metode Pengumpulan Data	32
Tabel 4. 1 Luas Kecamatan di kota Surakarta	35
Tabel 4. 2 Ketinggian dan Kemiringan Tanah per-Kecamatan	38
Tabel 4. 3 Rata-Rata Suhu dan Kelembaban Udara Per-Bulan Kota Surakarta Tahun 2018	39
Tabel 4. 4 Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk Kota Surakarta .	43
Tabel 4. 5 Kepadatan Penduduk Kota Surakarta per-Kecamatan	44
Tabel 5. 1 Jumlah Calon Penerima SR Jalur Utara dan Tengah SPALD-T Kota Surakarta	49
Tabel 5. 2 Pembagian Zona Jalur Utara	50
Tabel 5. 3 Pembagian Zona Jalur Tengah	53
Tabel 5. 4 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kerinci 8	59
Tabel 5. 5 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kerinci 9 dan Kerinci Dalam 6	59
Tabel 5. 6 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Bromo V	60
Tabel 5. 7 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Bromo VII	60
Tabel 5. 8 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kali Kuantan I	61
Tabel 5. 9 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kali Kepunton	61
Tabel 5. 10 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kali Kuantan	62
Tabel 5. 11 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kali Merbau	62
Tabel 5. 12 Diameter Pipa dan Nilai Self Cleansing Velocity Zona Kerinci 8	66
Tabel 5. 13 Diameter Pipa dan Nilai Self Cleansing Velocity Zona Kerinci 9 dan Kerinci Dalam 6	66
Tabel 5. 14 Diameter Pipa dan Nilai Self Cleansing Velocity Zona Bromo V	66
Tabel 5. 15 Diameter Pipa dan Nilai Self Cleansing Velocity Zona Bromo VII .	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Grafik Faktor Infiltrasi.....	13
Gambar 2. 2 Grafik Faktor Peak.....	15
Gambar 2. 3 Grafik nilai d/D.....	19
Gambar 2. 4 Manhole	25
Gambar 2. 5 Drop Manhole	26
Gambar 2. 6 Siphon	26
Gambar 2.7 Bangunan Penggelontor	27
Gambar 2. 8 Clean Out.....	27
Gambar 2. 9 Pompa Centrifugal	28
Gambar 2. 10 Junction	28
Gambar 3. 1 Peta Wilayah Pelayanan SPAL.....	30
Gambar 3. 2 Alur Perencanaan	31
Gambar 4. 1 Peta Administraasi Kota Surakarta.....	37
Gambar 4. 2 Curah Hujan Per-Bulan Kota Surakarta Tahun 2019	39
Gambar 4. 3 Peta Geologi Kota Surakarta	42
Gambar 4. 4 Peta Jaringan Perpipaan Eksisting Jalur Utara	46
Gambar 4. 5 Peta Jaringan Perpipaan Eksisting Jalur Tengah	48
Gambar 5. 1 Peta Rencana Pengembangan Jaringan Pipa Air limbah Jalur Utara.....	52
Gambar 5. 2 Peta Rencana Pengembangan Jaringan Pipa Air Limbah Jalur Tengah.....	54
Gambar 5. 3 Peta Rencana Jaringan Pipa Zona kerinci 8.....	70
Gambar 5. 4 Peta Rencana Jaringan Pipa Zona Kerinci 9 dan Kerinci dalam 6 .	71
Gambar 5. 5 Peta Rencana Jaringan Pipa Zona Bromo V.....	72
Gambar 5. 6 Peta Rencana Jaringan Pipa Zona Bromo VII	73
Gambar 5. 7 Peta Rencana Jaringan Pipa Zona Kali Kuantan I.....	74
Gambar 5. 8 Peta Rencana Jaringan Pipa Zona Kali Kepunton	75
Gambar 5. 9 Peta Rencana Jaringan Pipa Zona Kali Kuantan	76
Gambar 5. 10 Peta Rencana Jaringan Pipa Zona Kali Merbau	77
Gambar 5. 11 Denah dan Profil Memanjang Jaringan Pipa Zona Kerinci 8.....	85

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ (٤١)

Ayat di atas menjelaskan bahwa kerusakan lingkungan atau terjadinya bencana alam oleh perbuatan manusia adalah bentuk ketidaktaatan manusia kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala. Sebagai contoh terjadinya pencemaran lingkungan oleh air limbah yang dibuang sembarangan tanpa melakukan pengolahan terlebih dahulu. Hal tersebut menimbulkan dampak negatif terhadap makhluk hidup disekitarnya terutama dalam hal kesehatan. Sehingga ini semakin menguatkan alasan agar manusia melakukan pengelolaan terhadap limbah yang dihasilkan agar tidak merusak lingkungan.

Sistem penyaluran air limbah domestik di Kota Surakarta dibagi menjadi tiga wilayah pelayanan yaitu Utara, Tengah, dan Selatan. Wilayah Utara dilayani oleh IPAL Mojosongo, wilayah Tengah dilayani oleh IPAL Pucangsawit, dan wilayah Selatan dilayani oleh IPAL Semanggi. Kapasitas pengolahan IPAL Mojosongo sebesar 50 l/detik dengan kapasitas sambungan rumah (SR) 10.000 SR, akan tetapi sambungan eksisting masih sebesar 5725

Kondisi eksisting jaringan perpipaan sistem penyaluran air buangan di wilayah Utara dan Tengah sudah terdapat jalur perpipaan primer, sehingga untuk meningkatkan jumlah pelayanan perlu dilakukan penambahan sambungan rumah (SR) dan pipa lateral. Pengembangan jaringan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat (SPALD-T) diperlukan untuk menjaga Kota Surakarta agar pencemaran air limbah dapat dikendalikan. Pengembangan jaringan perlu dilakukan perencanaan terlebih dahulu dengan mengevaluasi kondisi eksisting jaringan sehingga nantinya penambahan jaringan tidak mengganggu kondisi eksisting.

Berdasarkan latar belakang di atas, masalah yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

- ### 1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi eksisting sistem penyaluran air limbah domestik terpusat Kota Surakarta?
2. Bagaimana rencana pengembangan jaringan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat Kota Surakarta wilayah pelayanan Utara dan Tengah?

3. Berapa nilai *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada perencanaan pengembangan SPALD-T jalur Utara dan Tengah Kota Surakarta?

1.4 Tujuan

Tujuan dari proposal tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui kondisi eksisting sistem penyaluran air limbah domestik terpusat Kota Surakarta.
2. Merencanakan pengembangan jaringan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat Kota Surakarta wilayah pelayanan Utara dan Tengah.
3. Menghitung *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada perencanaan pengembangan SPALD-T jalur Utara dan Tengah Kota Surakarta.

1.5 Ruang Lingkup Perencanaan

Ruang lingkup dari perencanaan ini adalah :

1. Evaluasi jaringan SPALD-T eksisting.
2. Rencana pengembangan pelayanan SPALD-T meliputi Sambungan Rumah (SR) dan perpipaian lateral

1.6 Manfaat Perencanaan

Manfaat dari perencanaan ini adalah:

1. Sebagai masukan bagi Perusahaan Air Minum Daerah Kota Suraarta dalam melakukan pengembangan jaringan sambungan rumah SPALD-T wilayah Utara dan Tengah.
2. Melatih penulis untuk berpikir secara ilmiah dalam melakukan perencanaan SPALD-T.
3. Adanya kajian ilmiah mengenai perencanaan pengembangan SPALD-T wilayah Utara dan Tengah Kota Surakarta.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik adalah air yang sudah digunakan oleh kegiatan manusia dan mengandung material organik maupun anorganik. Kegiatan manusia yang menghasilkan air limbah antara lain mencuci, memasak, dan kakus. Air limbah domestik ada dua jenis yaitu *grey water* dan *black water* (Marhadi, 2016).

Sumber air limbah domestik berasal dari usaha dan/atau kegiatan asrama, apartemen, perniagaan, perkantoran, rumah makan, dan permukiman (PERMEN PUPR, 2017). Air limbah domestik memiliki karakteristik tertentu. Karakteristik air limbah domestik terdiri dari kuantitas dan kualitas air limbah sebagai berikut.

2.1.1 Kuantitas Air Limbah Domestik

Kuantitas air limbah domestik adalah jumlah timbunan atau debit dari air limbah, debit air limbah didapatkan dari data konsumsi air bersih. Kuantitas air limbah biasanya adalah 60-80% dari konsumsi air bersih harian. Berdasarkan jenis huniannya, rata-rata kuantitas/timbunan air limbah domestik untuk kegiatan permukiman sebagai berikut (Tchobanoglous *et al.*, 2003)

1. Apartemen

a. High-rise

Apartemen *high-rise* merupakan apartemen dengan bangunan lebih dari 5 lantai. Timbulan air limbah dari apartemen high rise rata rata adalah 35-75 gal/orang/hari (tipikal 50 gal/orang/hari) atau 133-284 l/orang/hari (tipikal 189 l/orang/hari).

b. Low rise

- a. Rumah Individu Sederhana
Rumah individu sederhana merupakan rumah dengan luasan kurang dari 90 m². Timbulan air limbah pada tipe ini rata-rata 45 – 90 gal/orang/hari (tipikal: 70) atau 170 – 340 L/orang/hari (tipikal: 265)
- b. Rumah Individu Menengah
Rumah individu menengah merupakan rumah dengan luas antara 90-300 m². Jumlah timbulan rata-rata pada tipe ini adalah 60 – 100 gal/orang/hari (tipikal: 80) atau 227 – 379 L/orang/hari (tipikal: 303)
- c. Rumah Individu Mewah
Rumah individu mewah adalah rumah dengan luas lebih dari 300 m². Timbulan air limbah rata-rata pada tipe ini adalah 70 – 150 gal/orang/hari (tipikal: 95) atau 265 – 568 L/orang/hari (tipikal: 360)

Total Dissolved Solid (TDS), dan *Total Solid* (Tchobanoglous et al., 2003).

b. **Kekeruhan**

Kekeruhan dapat diketahui dengan mengukur intensitas cahaya yang dipendarkan oleh air limbah dibandingkan dengan intensitas cahaya yang dipendarkan oleh larutan standar (Tchobanoglous et al., 2003).

c. **Warna**

Warna pada air limbah merupakan karakteristik fisik yang kualitatif, air limbah menghasilkan warna yang berbeda-beda tergantung pada komposisi dan konsentrasi kandungan zat dalam air limbah. Air limbah pada umumnya berwarna cokelat keabu-abuan, namun ketika air limbah sudah terkumpul dalam waktu lama, biasanya akan berubah menjadi lebih hitam (Tchobanoglous et al., 2003).

d. **Temperatur**

organik pada air limbah antara lain karbohidrat, protein, dan minyak, dan urea. Namun, dalam pengukuran kualitas limbah digunakan parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Dissolved Oxygen* (OD) (Eckenfelder, 2000).

b. Zat anorganik

Kandungan zat anorganik pada air limbah dapat berupa n (nitrogen dan fosfor), pH, Sulfur, dan alkalinitas (Lin, 2000).

3. Karakteristik Biologis

Karakteristik biologis pada air limbah diukur dengan a mikroorganisme pada air limbah. Indikator mikroorganisme air limbah seperti *Total Coliform*, *Fecal Coliform*, dan *Streptococcus*.

b. Zat anorganik

3. Karakteristik Biologis

2.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

9

2.2.1 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Setempat (SPALD-S)

Sistem pengelolaan air limbah domestik setempat (SPALD-S) terdiri atas tiga komponen yaitu sub-sistem pengolahan setempat, sub-sistem pengangkutan, dan sub-sistem pengolahan lumpur tinja.

- a. Sub-sistem pengolahan setempat adalah sarana pengumpulan dan pengolahan air limbah domestik di lokasi sumber. Sub-sistem ini berdasar kapasitas pengolahannya dibagi menjadi skala komunal dan individual. Skala komunal adalah skala untuk 2 sampai 10 unit tempat tinggal dan/atau mandi cuci kakus (MCK). Pengolahan ini dilakukan dengan cara biologis.
- b. Sub-sistem pengangkutan adalah sarana memindahkan air limbah dari sub-sistem pengolahan setempat menuju sub-sistem pengolahan lumpur tinja. Sarana pengangkutan dapat berupa kendaraan pengangkut yang dilengkapi dengan tangki penampung dan alat penyedot lumpur tinja.
- c. Sub-sistem pengolahan lumpur tinja adalah sarana pengolahan lumpur tinja berupa Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT). IPLT dilengkapi dengan sarana utama dan sarana pendukung. Sarana utama meliputi unit penyaringan, unit ekualisasi, unit pemekatan, unit stabilisasi, unit pengeringan lumpur dan/atau unit pemrosesan lumpur kering. Sarana pendukung berupa kantor, gudang, laboratorium, sumur pantau, alat pemeliharaan, dan sarana lain yang dapat mendukung kegiatan pengolahan lumpur tinja.

2.2.2 Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T)

Sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat (SPALD-T) terdiri atas tiga cakupan pelayanan yaitu skala perkotaan, skala permukiman, dan skala kawasan tertentu. Cakupan pelayanan skala perkotaan minimal layanan 20.000 jiwa, skala permukiman antara 50 sampai 20.000 jiwa, sedangkan skala tertentu yaitu untuk kawasan komersial

- trap*, pipa persil, bak kontrol, dan lubang inspeksi.
- b. Sub-sistem pengumpulan merupakan sarana penyaluran air limbah domestik dengan perpipaan dari sub-sistem pelayanan menuju ke sub-sistem pengolahan terpusat. Sarana pengumpulan terdiri dari pipa retikulasi, pipa induk, dan sarana pelengkap.
- c. Sub-sistem pengolahan terpusat merupakan sarana pengolahan limbah domestik dari sumber melalui sub-sistem pelayanan dan pengumpulan. Sarana pengolahan terpusat berupa IPAL dan sarana pendukung lainnya.

- limbah domestik dari sumber melalui sub-sistem pelayanan pengumpulan. Sarana pengolahan terpusat berupa IPAL dan sarana pendukung lainnya.

Sistem Penyaluran Air Limbah

Sistem penyaluran air limbah digunakan

limbah menuju tempat pengolahan limbah. Sistem penyaluran air limbah dibagi menjadi dua yaitu sistem terpisah dan tercampur. Sistem penyaluran secara terpisah yaitu sistem penyaluran yang memisahkan antara penyaluran air hujan dan air limbah yang berasal dari rumah tangga maupun kegiatan komersil. Sedangkan sistem tercampur yaitu menggabungkan penyaluran air hujan dan air limbah rumah tangga (Lin, 2001).

2.3.1 Prinsip Dasar Penyaluran Air Limbah Domestik

Pada dasarnya, penyaluran air limbah domestik menggunakan sistem gravitasi tanpa tekanan. Sistem ini mengandalkan gravitasi untuk mengalirkan air limbah dari sumber air limbah menuju tempat pengolahan. Penyaluran air limbah tidak menggunakan tekanan karena

2.3.2 Perhitungan Debit Air Limbah

Debit air limbah juga dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut

Infiltrasi adalah air tanah yang masuk ke dalam sistem penyaluran air limbah melalui celah pipa, sambungan pipa, pipa yang rusak, dan dinding manhole. Inflow adalah aliran air permukaan yang masuk ke dalam sistem penyaluran air limbah melalui saluran drainase air hujan, saluran campuran, dan tutup manhole (Tchobanoglous, 1981).

[illegible]

HL : headloss (meter)

Fd : faktor gesekan Darcy-Weisbech (tidak berdimensi)

v : kecepatan rata-rata (m/dt)

L : panjang pipa (meter)

D : diameter pipa (meter)

R : jari-jari hidrolis (meter)

Ae : luas penampang basah (m²)

P : keliling basah (meter)

$$v = C (\mathbf{R} \times s)^{0,5} \dots\dots\dots \mathbf{2.10}$$

v : kecepatan aliran rata-rata (m/dt)

C : koefisien geser Chezy, untuk pipa penuh $C = (8G / f_d)^{0,5}$

R : jari-jari hidrolis saluran (meter)

s : kemiringan (slope) gradien hidrolis / kemiringan permukaan air

$$v = 1,318 \times C \times R^{0,65} \times S^{0,54} \dots\dots\dots 2.11$$

Chw : koefisien Hazen-Williams
R : jari-jari hidrolis saluran (meter)
S : kemiringan gradien hidrolis / kemiringan permukaan air

$$v = \left(\frac{l}{n}\right) x R^{1/2} \quad x \quad S^{1/2} \dots\dots\dots \mathbf{2.12}$$

v : kecepatan aliran rata-rata (m/dt)
R : jari-jari hidrolis saluran (meter)

n : koefisien kekasaran manning

Tabel 2. 2 Tabel Koefisien Kekasaran Manning

Bahan Saluran	Kekasaran Absolut (m)	Koef. Kekasaran Manning (n)
Pipa Semen – Asbes	0,0003 – 0,0003	0,011 – 0,015
Bata	0,0015 – 0,006	0,012 – 0,018
Pipa Beton	0,0003 – 0,003	0,011 – 0,015
Beton Kasar	0,0015 – 0,009	0,015 – 0,020
Pipa Baja Gelombang	0,03 – 0,06	0,022 – 0,026
Pipa Plastik	0,0003 – 0,003	0,011 – 0,015
Pipa Keramik	0,0003 – 0,003	0,011 – 0,015

d. Persyaratan aliran air

Pada saluran air limbah dikenal dengan *Self Cleansing Velocity* merupakan kecepatan aliran yang dapat membersihkan saluran dengan sendirinya dari material pengganggu, seperti lendir, pasir dan endapan. Kriteria *self cleansing velocity* antara lain gaya geser kritis 0,33-0,38 kg/m², kecepatan minimum pada debit puncak 0,6-3 m/s, dan kecepatan aliran tidak menimbulkan H₂S.

Umumnya penyaluran air limbah menggunakan sistem gravitasi dan tidak diperbolehkan adanya tekanan pada pipa kecuali sat pemompaan. Aliran air dalam saluran dianjurkan memiliki nilai

Tabel 2. 3 Nilai d/D dengan Qpeak/Qfull

Depth (d/D)	Velocity (V _{peak} /V _{full})	Discharge (Q _{peak} /Q _{full})	Depth (d/D)	Velocity (V _{peak} /V _{full})	Discharge (Q _{peak} /Q _{full})
0.01	0.0890	0.0002	0.51	1.0085	0.5170
0.02	0.1408	0.0007	0.52	1.0165	0.5340
0.03	0.1839	0.0016	0.53	1.0243	0.5513
0.04	0.2221	0.0030	0.54	1.0319	0.5685
0.05	0.2690	0.0048	0.55	1.0393	0.5857
0.06	0.2892	0.0071	0.56	1.0464	0.6030
0.07	0.3194	0.0098	0.57	1.0533	0.6202
0.08	0.3481	0.0130	0.58	1.0599	0.6374
0.09	0.3752	0.0167	0.59	1.0663	0.6546
0.1	0.4012	0.0209	0.6	1.0724	0.6718
0.11	0.4260	0.0255	0.61	1.0783	0.6889
0.12	0.4500	0.0306	0.62	1.0839	0.7060
0.13	0.4730	0.0361	0.63	1.0893	0.7229
0.14	0.4953	0.0421	0.64	1.0944	0.7397
0.15	0.5168	0.0486	0.65	1.0993	0.7564
0.16	0.5376	0.0555	0.66	1.1039	0.7730
0.17	0.5578	0.0629	0.67	1.1083	0.7893
0.18	0.5775	0.0707	0.68	1.1124	0.8055
0.19	0.5965	0.0789	0.69	1.1162	0.8215
0.2	0.6151	0.0876	0.7	1.1198	0.8372
0.21	0.6331	0.0966	0.71	1.1231	0.8527
0.22	0.6507	0.1062	0.72	1.1261	0.8680
0.23	0.6678	0.1160	0.73	1.1288	0.8829
0.24	0.6844	0.1263	0.74	1.1313	0.8976
0.25	0.7007	0.1370	0.75	1.1335	0.9119
0.26	0.7165	0.1480	0.76	1.1353	0.9258
0.27	0.7320	0.1594	0.77	1.1369	0.9394
0.28	0.7470	0.1712	0.78	1.1382	0.9524
0.29	0.7618	0.1834	0.79	1.1391	0.9652
0.3	0.7761	0.1958	0.8	1.1397	0.9775
0.31	0.7901	0.2056	0.81	1.1400	0.9892
0.32	0.8038	0.2152	0.82	1.1399	1.0004
0.33	0.8172	0.2250	0.83	1.1395	1.0110
0.34	0.8302	0.2348	0.84	1.1387	1.0211

Keterangan

n = koefisien manning

S = slope pipa

c. Cek Qfull dengan diameter pipa terpilih

$$Q_{full} = 0,3117x \left[\frac{D^{2,667}}{n} \right] x S^{1/2} \dots\dots\dots$$

d. Menentukan nilai d/D dengan diameter terpilih

2.3.5 Penanaman dan Pemasangan Saluran

Dalam penempatan saluran, kedalaman saluran minimum diperbolehkan adalah 1m pada awal penanaman (untuk pipa) dan maksimum 7 m pada akhir saluran. Jika kedalaman akhir saluran telah mencapai 7 m, maka aliran air limbah dalam saluran dinaikkan dengan menggunakan bantuan pompa, sedangkan kedalaman akhir saluran kurang dari 1 m maka perlu ditingkatkan dengan menggunakan bangunan drop manhole. Penempatan saluran

Keterangan

S = slope pipa

- $$Qfull = 0,3117x \left[\frac{D^{2,667}}{n} \right] xS^{1/2} \dots\dots\dots \mathbf{2.15}$$

- d. Menentukan nilai d/D dengan diameter terpilih

2.3.5 Penanaman dan Pemasangan Saluran

Dalam penempatan saluran, kedalaman saluran minimum yang diperbolehkan adalah 1m pada awal penanaman (untuk pipa servis) dan maksimum 7 m pada akhir saluran. Jika kedalaman akhir saluran telah mencapai 7 m, maka aliran air limbah dalam saluran harus dinaikkan dengan menggunakan bantuan pompa, sedangkan jika kedalaman akhir saluran kurang dari 1 m maka perlu diperbesar dengan menggunakan bangunan drop manhole. Penempatan saluran air limbah dapat diletakkan di tengah jalan, tepi jalan maupun kedua sisi jalan bergantung pada beban air limbah yang diterima.

Selain itu, penempatan saluran juga dipengaruhi oleh beban penerimaan air limbah dalam saluran pipa, diantaranya:

- Kedalaman galian
- Lebar galian
- Beban bergerak diatas pipa
- Berat tanah penimbun.

22

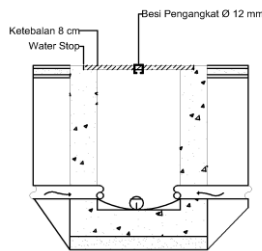
- k. Biaya bahan-bahan dan penyimpanan di gudang.

2.5 Bangunan Pelengkap Penyaluran Air Limbah

Dalam penyaluran air buangan terdapat beberapa bangunan pelengkap. Bangunan pelengkap tersebut antara lain:

a. *Manhole*

Manhole berfungsi sebagai lubang kontrol sambungan jaringan perpipaan. *Manhole* dapat ditempatkan pada setiap perubahan kemiringan pipa, diameter pipa dan perubahan arah aliran setiap pertemuan atau percabangan saluran. Gambar manhole dapat dilihat pada di bawah



Gambar 2. 4 Manhole

Sumber : Direktorat Jenderal Cipta Karya PUPR, 2013

b. *Drop manhole*

Drop manhole digunakan apabila pipa penerima memiliki elevasi permukaan air lebih rendah serta memiliki beda tinggi 60-90 cm terhadap dasar pipa pada suatu *manhole* pertemuan. Gambar drop manhole dilihat pada gambar 2.5

e. Terminal *clean out*

f. Pompa

27

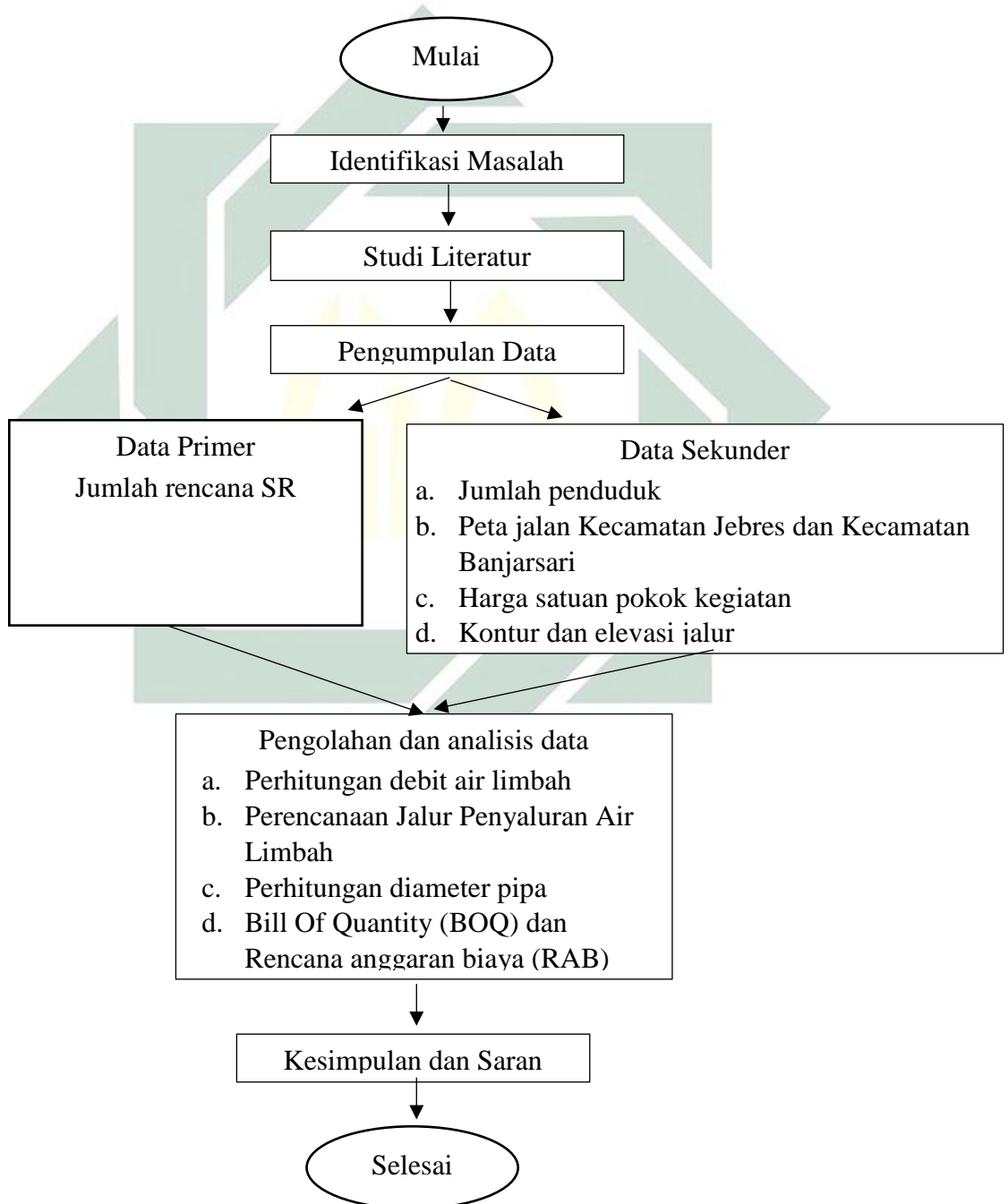
dalam perencanaan pengembangan Sistem Penyalaan Terpusat (SPALD-T) Kota Surakarta wilayah Utara dan Tengah. Wilayah Utara dilayani oleh jaringan 150 kV Perumnas Mojosongo, Kelurahan Mojosongo, Kelurahan Kadipiro. Sedangkan wilayah Tengah dilayani oleh jaringan 150 kV Perumnas Mojosongo, Kelurahan Kadipiro. Peta wilayah pelayanan meliputi Kecamatan Jebres. Peta wilayah pelayanan dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Metodologi perencanaan tugas akhir ini dibuat agar pengerjaannya dapat berlangsung terarah dan sistematis. Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam perencanaan pengembangan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) Kota Surakarta wilayah Utara dan Tengah ini.

Perencanaan pengembangan SPALD-T dilakukan di Kota Surakarta wilayah Utara dan Tengah. Wilayah Utara dilayani oleh jaringan Mojosongo yang meliputi Perumnas Mojosongo, Kelurahan Mojosongo, Kelurahan Nusukan, dan Kelurahan Kadipiro. Sedangkan wilayah Tengah dilayani oleh jaringan Jebres yang meliputi Kecamatan Jebres. Peta wilayah pelayanan SPALD-T Kota Surakarta dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.3 Alur Kerja Perencanaan

Kerangka pikir pelaksanaan tugas akhir ini dibuat agar pelaksanaan tugas akhir ini berjalan secara sistematis dan terarah sesuai kaidah akademis. Tahapan kerangka pikir terdiri atas urutan pelaksanaan tugas akhir seperti pada gambar.



Gambar 3. 2 Alur Perencanaan
Sumber: Data Primer, 2020

3.4.1 Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik

a. Setelah mendapatkan data rencana sambungan SR baru, menghitung debit air limbah total dengan persamaan **2.5** sebagai berikut.

b. Menghitung dimensi pipa dengan persamaan **2.14** sebagai berikut

c. Menghitung tinggi galian pipa dari panjang pipa, slope, dan perbedaan tinggi pipa.

3.4.2 Penggambaran Detail SPAL

- Layout jaringan perpipaan berupa gambar kerja jalur pipa SPAL
- Tipikal sambungan rumah berupa gambar kerja bentuk sambungan di setiap rumah

d. Detail galian

3.4.3 Spesifikasi Teknis Pekerjaan

[illegible]

- Pekerjaan perpipaan sistem penyaluran air limbah domestik meliputi ukuran pipa, jenis pipa, dan sambungan pipa.
- Pekerjaan bangunan pelengkap seperti manhole, drop manhole, pompa, dan lainnya.

Detail Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) meliputi:

- 34

GAMBARAN UMUM PERENCANAAN

4.1.2 Kondisi Topografi

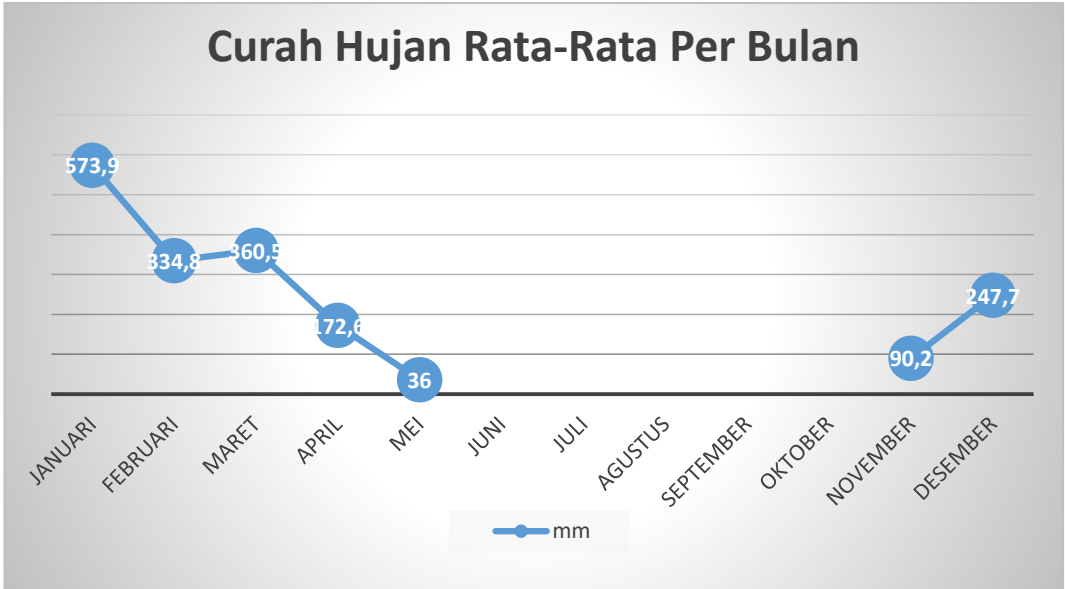
1. Kota Surakarta terletak pada ketinggian 80-120 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan lahan antara 0%-15%.
2. Kota Surakarta terletak di antara dua gunung berapi yaitu di sebelah timur terdapat Gunung Lawu (Kabupaten Karanganyar) dan di sebelah barat terdapat Gunung Merapi serta Merbabu yang berarti Kota Surakarta termasuk wilayah cekungan air.
3. Kemiringan lahan di setiap kecamatan disajikan pada tabel 4.1

Kecamatan	Ketinggian (mdpl)	Kemiringan Tanah (%)
Laweyan	90-100	0-2
Serengan	80-100	0-2
Pasar Kliwon	80-95	0-2
Jebres	90-120	2-15
Banjarsari	85-100	0-2

4.1.3 Kondisi Klimatologi

[illegible]

Surakarta pada tahun 2019 antara 63% sampai 96%. Curah hujan pada tahun 2019 dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah.

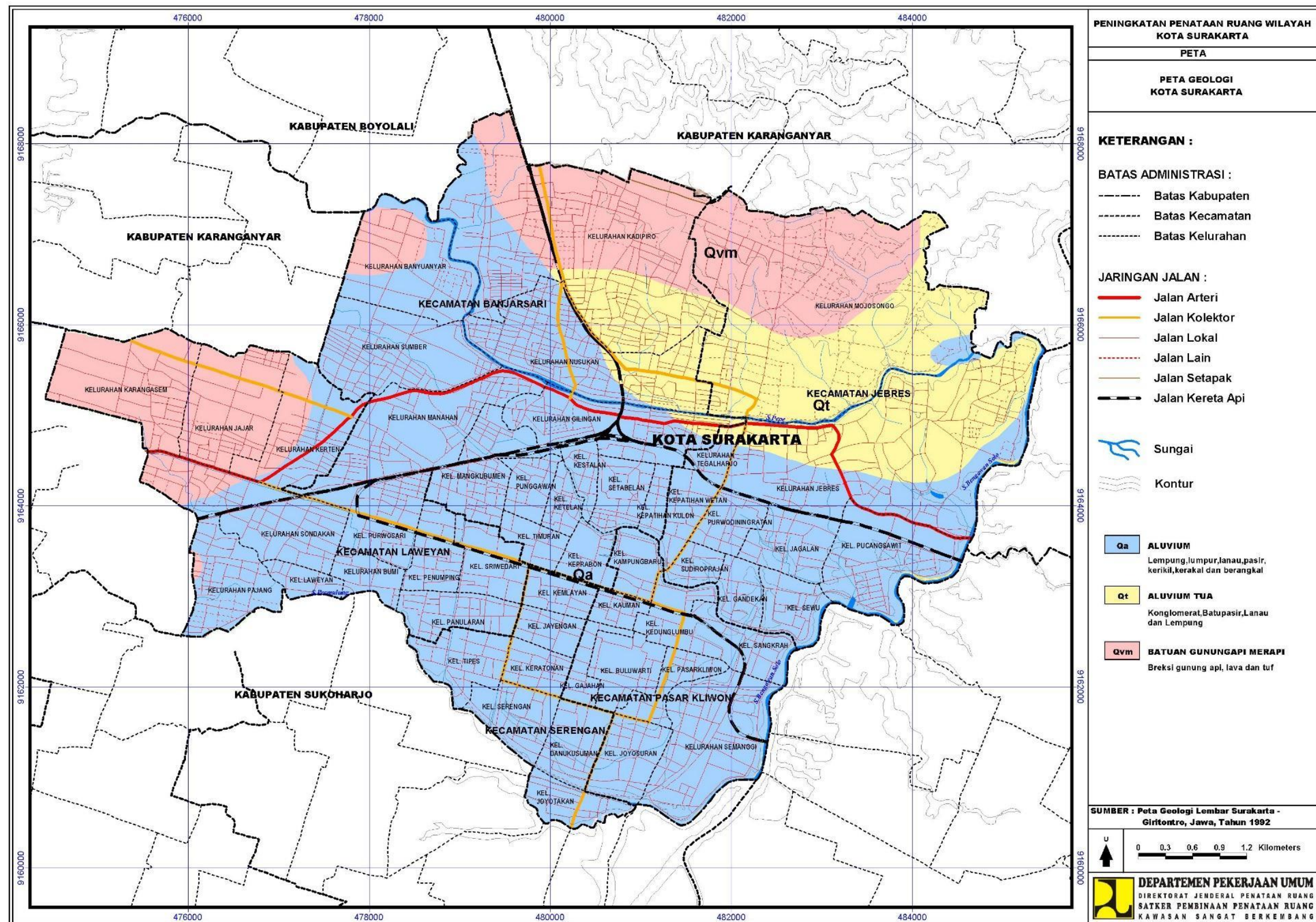


Gambar 4. 2 Curah Hujan Per-Bulan Kota Surakarta Tahun 2019
Sumber: BPS Kota Surakarta, 2020

Grafik di atas menunjukkan curah hujan di Kota Surakarta tahun 2019 fluktuatif, pada bulan Januari 2019 curah hujan ekstrem yaitu 573,9 mm dengan 24 hari hujan. Sedangkan pada bulan Juni sampai dengan oktober tidak tercatat ada hujan. Data rata-rata suhu dan kelembaban udara Kota Surakarta tahun 2019 disajikan pada tabel 4.3 berikut.

Tabel 4. 3 Rata-Rata Suhu dan Kelembaban Udara Per-Bulan Kota Surakarta Tahun 2018

Bulan	Suhu Udara (°C)			Kelembaban Udara (%)
	Maks	Min	Rata-rata	
Januari	31,7	22,4	26,4	86
Februari	32,3	22,3	26,8	96
Maret	31,4	21,7	26,7	84
April	32,9	22,5	27,9	80
Mei	33,4	21,8	27,9	74
Juni	32,5	21,7	26,5	70



Gambar 4. 3 Peta Geologi Kota Surakarta

4.1.6 Kondisi Demografi

Berdasarkan data BPS Kota Surakarta yang diterbitkan pada tahun 2020, penduduk Kota Surakarta tahun 2019 yaitu 519.587 jiwa yang tersebar di lima kecamatan. Jumlah penduduk terbanyak berada di Kecamatan Banjarsari. Laju pertumbuhan penduduk di Kota Surakarta sebesar 0,328% per tahun. Berikut data jumlah penduduk per kecamatan di Kota Surakarta pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 4 Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk Kota Surakarta

Kecamatan	Jumlah Penduduk	Laju Pertumbuhan Penduduk (%)
Laweyan	89.547	0,328
Serengan	45.424	0,329
Pasar Kliwon	77.280	0,328
Jebres	143.650	0,328
Banjarsari	163.686	0,328

Sumber: BPS Kota Surakarta, 2019

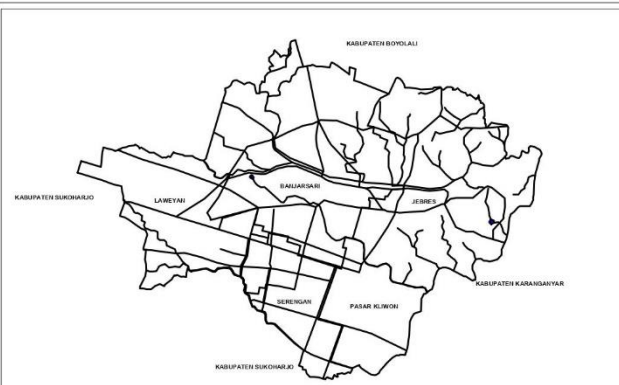
Kota Surakarta memiliki luas 44,04 Km² yang terbagi dalam 5 kecamatan. Kepadatan penduduk di Kota Surakarta yaitu 11.798,07 penduduk per km². Kecamatan Pasar Kliwon memiliki tingkat kepadatan penduduk yang tinggi yaitu 16.033,20 penduduk per km². Kepadatan penduduk terendah yaitu Kecamatan Laweyan dengan kepadatan 10.364,24 penduduk per km². Berikut kepadatan penduduk Kota Surakarta per Kecamatan pada tabel 4.4.

Kecamatan	Persentase Penduduk (%)	Kepadatan Penduduk (penduduk/km ²)
Laweyan	17,23	10.364,24
Serengan	8,74	14.239,50
Pasar Kliwon	14,87	16.033.20
Jebres	27,65	11.418,92
Banjarsari	31,50	11.052,40

4.2 Kondisi Eksisting Sistem Penyaluran Air limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) Jalur Utara dan Tengah Kota Surakarta

Kapasitas IPAL Mojosongo yang melayani SPALD-T Kota Surakarta sudah terpakai sebesar 57,25% dari kapasitas pengolahannya atau sekitar 5725 SR yang tersambung dari kapasitas 10.000 SR. Kondisi ini masih dapat dilakukan pengembangan jaringan 4275 SR lagi sampai IPAL Mojosongo mencapai kapasitas penuh pengolahannya. Jalur eksisting di wilayah utara yang telah terlayani IPAL Mojosongo sebagai berikut:

Mojosongo dialirkan ke Kali Anyar. Peta jaringan perpipaan ek
SPALD-T jalur Utara Kota Surakarta ditampilkan pada gam
bawah



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA**

JUDUL GAMBAR

KETERANGAN

NAMA

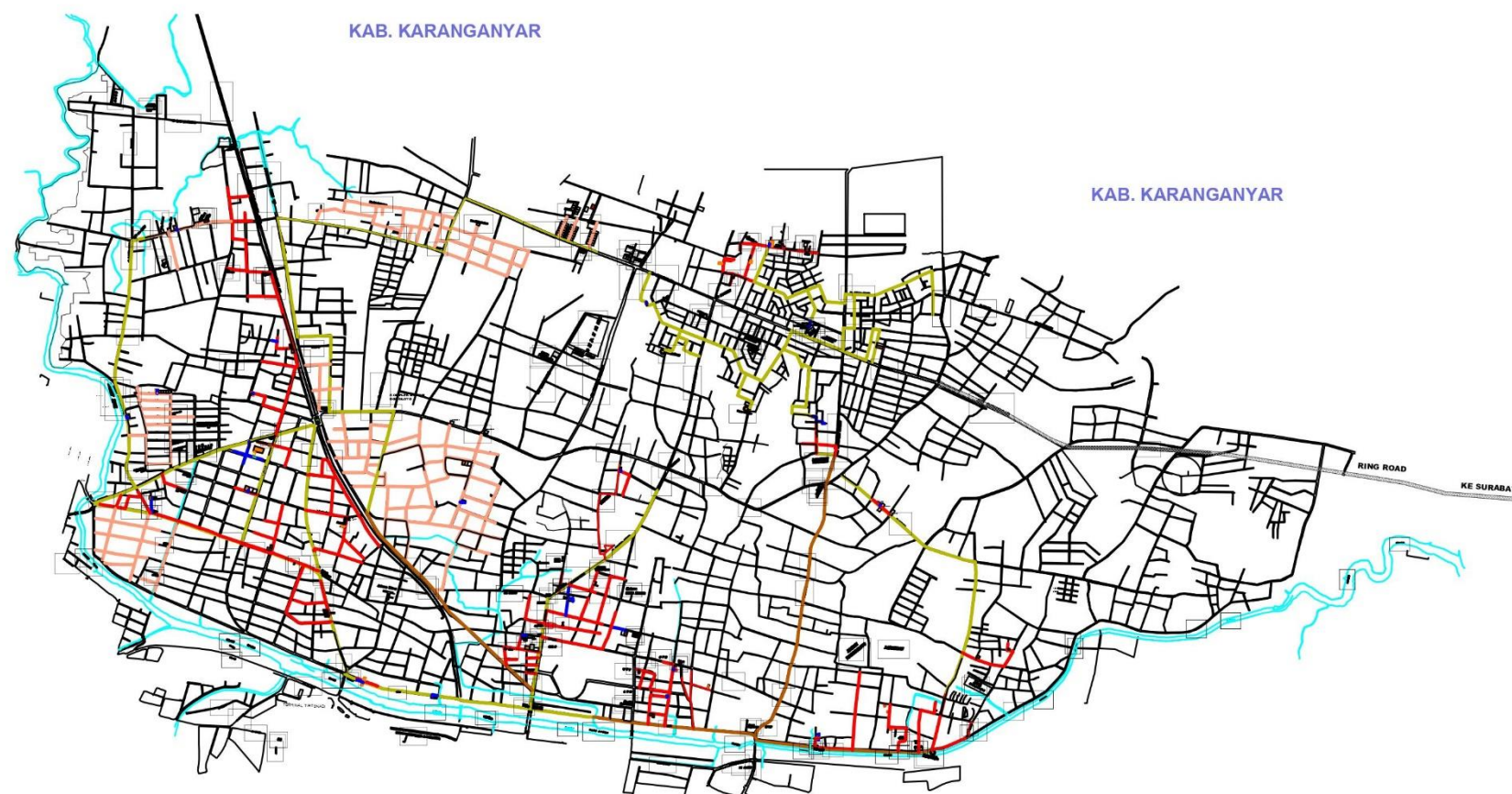
DOSEN PEMBIMBING

SKALA

1 : 40000



PETA JARINGAN PERPIPAAN EKSISTING JALUR UTARA

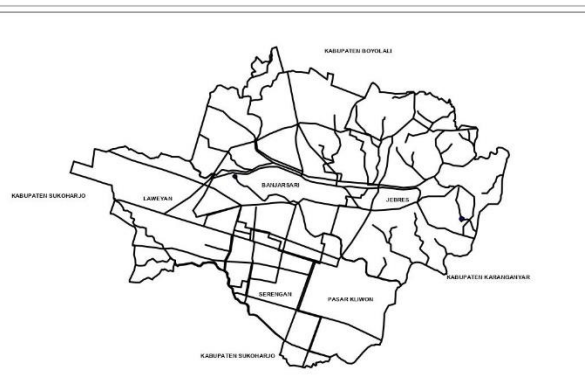


4.2.2 Kondisi Eksisting SPALD-T Jalur Tengah

Jalur tengah dilayani oleh IPAL Pucangsawit dengan kapasitas pelayanan maksimal 6000 SR, sedangkan jumlah SR yang tersambung saat ini masih 683 SR atau masih 11,38% dari kapasitas maksimum IPAL. wilayah yang telah dilayani oleh jalur tengah sebagai berikut:

1. Kelurahan Pucangsawit : 465 SR
2. Kelurahan Kampung Sewu : 188 SR
3. Kelurahan Jagalan : 29 SR
4. Kelurahan Purwodiningratan : 1 SR

Pada jalur ini, sistem penyaluran air limbah menuju IPAL Pucangsawit juga menggunakan sistem kombinasi seperti jalur utara, yaitu menggunakan sistem gravitasi dan pemompaan. Pompa yang digunakan pada jalur ini adalah 2 unit yang diletakkan di Jalan Kepatihan. Pemompaan pada jalur ini dilakukan dua kali dalam satu minggu. IPAL Pucangsawit menggunakan unit Biofilter untuk mengolah air limbahnya. Peta jaringan perpipaan eksisting SPALD-T jalur Tengah Kota Surakarta ditampilkan pada gambar di bawah



TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

PETA JARINGAN PERPIPAAN
EKSISTING JALUR TENGAH

KETERANGAN

-  Pipa diameter 150 mm
-  Pipa diameter 200 mm
-  Pipa diameter 300 mm
-  Pipa diameter 400 mm
-  Pipa diameter 600 mm
-  Pipa diameter 1000 mm

NAMA

AZZAM FATTAHUL FIRDAUS
H75216054

DOSEN PEMBIMBING

ARQOWI PRIBADI, ST, MEng
SULISTIYA NENGSE, ST, MT

SKALA

1 : 30000

NO GAMBAR

4.5



HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Wilayah Perencanaan dan Jumlah Sambungan Rumah

Tahap awal dari perencanaan sistem penyaluran air limbah domestik terpusat ini adalah dengan melakukan analisis wilayah perencanaan agar kondisi fisik wilayah yang akan direncanakan dapat diketahui dengan baik. Survey atau pengukuran di lapangan dilakukan untuk menunjang analisis wilayah perencanaan. Dalam melakukan perencanaan pengembangan jaringan SPALD-T, data yang didapat dari hasil survey digunakan sebagai dasar perhitungan yang dilakukan. Data yang dibutuhkan pada perencanaan ini antara lain jumlah rencana SR baru, elevasi tanah, dan panjang rencana jalur pipa. Data yang didapat dari survey maupun literatur menunjukkan bahwa kondisi topografi pada daerah perencanaan cenderung tidak datar pada Kecamatan Jebres dengan kemiringan tanah 2-15% dan pada Kecamatan Banjarsari cenderung datar dengan kemiringan rata-rata 0-2%.

Wilayah perencanaan ini berada pada jalur Utara dan Tengah SPALD-T Kota Surakarta yang meliputi Kecamatan Banjarsari di wilayah Utara dan Kecamatan Jebres pada wilayah tengah. Jumlah sambungan rumah yang direncanakan pada kali ini berdasarkan data dari Daftar Calon Penerima Manfaat Perumda Air Minum Kota Surakarta. Data ini merupakan hasil dari pengajuan masyarakat ke Perumda Air Minum Kota Surakarta yang kemudian dilakukan verifikasi ulang dan dilakukan pengukuran ke lapangan untuk mendapatkan data finalnya. Setelah melalui proses verifikasi, data calon penerima SR di Jalur Utara dan Tengah disajikan pada tabel di bawah.

Tabel 5. 1 Jumlah Calon Penerima SR Jalur Utara dan Tengah SPALD-T Kota Surakarta

No.	Kelurahan	Kecamatan	Jumlah SR
1.	Kadipiro	Banjarsari	110
2.	Jagalan	Jebres	113

5.2.2 Pembagian Zona dan Jalur Pipa Wilayah Tengah

Selanjutnya adalah pembagian zona dan jalur pipa pada pengembangan SPALD-T Kota Surakarta jalur tengah. Pembagian zona dapat dilihat pada **Tabel 5.3** di bawah.

Tabel 5. 3 Pembagian Zona Jalur Tengah

Lajur	Manhole		Panjang	Luas Area	Jumlah Orang
	dari	ke	m	ha	orang
KALI KUANTAN I					
1	1	2	50	0,240	35
2	2	3	50	0,226	40
3	3	4	50	0,258	40
4	4	5	47	0,237	30
KALI KEPUNTON					
1	1	2	50	0,240	40
2	2	3	50	0,226	40
3	3	4	50	0,258	40
4	4	5	41	0,237	20
KALI KUANTAN					
1	1	2	50	0,240	20
2	2	3	50	0,226	40
3	3	4	50	0,258	40
4	4	5	62	0,237	40
KALI MERBAU					
1	1	2	50	0,240	40
2	2	3	50	0,226	40
3	3	4	50	0,258	30
4	4	5	43	0,237	30

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel di atas menunjukkan pembagian zona rencana pengembangan SPALD-T Kota Surakarta jalur Tengah. Semua zona ini terletak di Kelurahan Jagalan, Kecamatan Jebres, Kota Surakarta. Masing-masing zona terletak pada satu ruas jalan. Peta zona rencana pengembangan jalur tengah ditampilkan pada gambar di bawah.

5.3.1 Perhitungan Debit Air Bersih

Data dari BPS Kota Surakarta tahun 2020 menunjukkan bahwa penduduk Kota Surakarta tahun 2019 adalah 519.587 jiwa dengan kepadatan penduduk 11.798,07 penduduk per Km² oleh karenanya kota Surakarta termasuk dalam kategori kota besar karena jumlah penduduknya masuk dalam *range* 500.000-1.000.000 penduduk. Menurut Ditjen Cipta Karya Kementerian PUPR tahun 2003, debit rata-rata penggunaan air bersih kota besar adalah 170 liter/orang/hari.

a. Debit Air Bersih (Q_{domestik})

Debit air bersih = 170 liter/orang/hari

Kemudian dilakukan perhitungan:

$$Qabr = 0,1338 \text{ l/dt}$$

- $$Q_{ab \text{ min}} = 0,0803 \text{ l/dt}$$

- $Q_{ab\ peak} = 0,5352\ l/dt$

- $$Q_{\text{infiltr}} = 0,0409 \text{ l/dt}$$

Tabel 5. 4 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kerinci 8

Lajur	Manhole		Panjang	Luas Area	Jumlah Orang	Kebutuhan Air Bersih	Qdom	Qh Puncak	Qabr	Qmin	Fpeak	Qab Peak	Peak Infiltr	Q infiltr	Qtotall	Qtotall Akumulasi
	dari	ke														
			m	ha	orang	l/orang/hari	l/dt	l/dt	l/dt	l/dt		l/dt	m ³ /ha/hari	l/dt	l/dt	l/dt
1	1	2	50	0,208	50	170	0,0984	0,1672	0,1338	0,0803	4	0,5352	17	0,0409	0,5761	0,5761
2	2	3	50	0,235	55	170	0,1082	0,1840	0,1472	0,0883	4	0,5887	17	0,0462	0,6349	1,2111
3	3	4	39	0,121	30	170	0,0590	0,1003	0,0803	0,0482	4	0,3211	17	0,0238	0,3449	1,5560
4	5	4	49	0,190	45	170	0,0885	0,1505	0,1204	0,0723	4	0,4817	17	0,0374	0,5191	0,5191

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 5 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kerinci 9 dan Kerinci Dalam 6

Lajur	Manhole		Panjang	Luas Area	Jumlah Orang	Kebutuhan Air Bersih	Qdom	Qh Puncak	Qabr	Qmin	Fpeak	Qab Peak	Peak Infiltr	Q infiltr	Qtotall	Qtotall Akumulasi
	dari	ke														
			m	ha	orang	l/orang/hari	l/dt	l/dt	l/dt	l/dt		l/dt	m ³ /ha/hari	l/dt	l/dt	l/dt
1	1	2	50	0,224	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0441	0,4722	0,4722
2	2	3	61	0,267	30	170	0,0590	0,1003	0,0803	0,0482	4	0,3211	17	0,0525	0,3736	0,8459
3	3	4	46,6	0,159	20	170	0,0394	0,0669	0,0535	0,0321	4	0,2141	17	0,0313	0,2454	1,0912

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 6 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Bromo V

Lajur	Manhole		Panjang	Luas Area	Jumlah Orang	Kebutuhan Air Bersih	Qdom	Qh Puncak	Qabr	Qmin	Fpeak	Qab Peak	Peak Infilt	Q infiltr	Qtotall	Qtotall Akumulasi
	dari	ke														
1	1	2	50	0,277	30	170	0,0590	0,1003	0,0803	0,0482	4	0,3211	17	0,0545	0,3756	0,3756
2	2	3	50	0,281	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0553	0,4834	0,8591
3	3	4	50	0,287	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0565	0,4846	1,3437
4	5	4	50	0,258	30	170	0,0590	0,1003	0,0803	0,0482	4	0,3211	17	0,0508	0,3719	1,7155

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 7 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Bromo VII

Lajur	Manhole		Panjang	Luas Area	Jumlah Orang	Kebutuhan Air Bersih	Qdom	Qh Puncak	Qabr	Qmin	Fpeak	Qab Peak	Peak Infilt	Q infiltr	Qtotall	Qtotall Akumulasi
	dari	ke														
1	1	2	50	0,240	30	170	0,0590	0,1003	0,0803	0,0482	4	0,3211	17	0,0472	0,3683	0,3683
2	2	3	50	0,226	30	170	0,0590	0,1003	0,0803	0,0482	4	0,3211	17	0,0445	0,3656	0,7339
3	3	4	50	0,258	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0508	0,4789	1,2128
4	5	4	49	0,237	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0466	0,4748	1,6876

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 8 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kali Kuantan I

Lajur	Manhole		Panjang	Luas Area	Jumlah Orang	Kebutuhan Air Bersih	Qdom	Qh Puncak	Qabr	Qmin	Fpeak	Qab Peak	Peak Infilt	Q infiltr	Qtotall	Qtotall Akumulasi
	dari	ke														
1	1	2	50	0,210	35	170	0,0689	0,1171	0,0937	0,0562	4	0,3746	17	0,0413	0,4159	0,4159
2	2	3	50	0,256	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0504	0,4785	0,8945
3	3	4	50	0,258	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0508	0,4789	1,3734
4	5	4	47	0,201	30	170	0,0590	0,1003	0,0803	0,0482	4	0,3211	17	0,0395	0,3607	1,7340

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 9 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kali Kepunton

Lajur	Manhole		Panjang	Luas Area	Jumlah Orang	Kebutuhan Air Bersih	Qdom	Qh Puncak	Qabr	Qmin	Fpeak	Qab Peak	Peak Infilt	Q infiltr	Qtotall	Qtotall Akumulasi
	dari	ke														
1	1	2	50	0,240	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0472	0,4754	0,4754
2	2	3	50	0,226	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0445	0,4726	0,9480
3	3	4	50	0,265	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0521	0,4803	1,4283
4	5	4	41	0,198	20	170	0,0394	0,0669	0,0535	0,0321	4	0,2141	17	0,0390	0,2530	1,6813

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 10 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kali Kuantan

Lajur	Manhole		Panjang	Luas Area	Jumlah Orang	Kebutuhan Air Bersih	Qdom	Qh Puncak	Qabr	Qmin	Fpeak	Qab Peak	Peak Infilt	Q infiltr	Qtotall	Qtotall Akumulasi
	dari	ke														
1	1	2	50	0,200	20	170	0,0394	0,0669	0,0535	0,0321	4	0,2141	17	0,0394	0,2534	0,2534
2	2	3	50	0,239	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0470	0,4752	0,7286
3	3	4	50	0,243	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0478	0,4760	1,2046
4	5	4	62	0,237	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0466	0,4748	1,6793

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 11 Perhitungan Debit Air Limbah Zona Kali Merbau

Lajur	Manhole		Panjang	Luas Area	Jumlah Orang	Kebutuhan Air Bersih	Qdom	Qh Puncak	Qabr	Qmin	Fpeak	Qab Peak	Peak Infilt	Q infiltr	Qtotall	Qtotall Akumulasi
	dari	ke														
1	1	2	50	0,240	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0472	0,4754	0,4754
2	2	3	50	0,267	40	170	0,0787	0,1338	0,1070	0,0642	4	0,4281	17	0,0525	0,4807	0,9561
3	3	4	50	0,214	30	170	0,0590	0,1003	0,0803	0,0482	4	0,3211	17	0,0421	0,3632	1,3193
4	5	4	43	0,221	30	170	0,0590	0,1003	0,0803	0,0482	4	0,3211	17	0,0435	0,3646	1,6839

Sumber: Hasil Analisis, 2020

5.3.3 Perhitungan Dimensi Pipa dan *Self Cleaning Velocity*

Dimensi pipa pada perencanaan SPALD-T ditentukan oleh debit total akumulasi air limbah dengan menggunakan persamaan manning pada rumus 2.12. Pada aliran air limbah juga diukur *Self Cleansing Velocity* untuk memeriksa kontrol endapan pada pipa. Pada PERMEN PUPR No.4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik lampiran II adalah 0,41 m/dt. Contoh perhitungan dimensi pipa dan *Self Cleansing Velocity* pada perpipaan lateral zona Kerinci 8 Jalur no 1 Kelurahan Kadipiro.

a. Menghitung Nilai Qfull

Nilai Q_{full} dihitung dengan menggunakan persamaan 2.13 dengan nilai d/D asumsi adalah 0,6 sehingga nilai Q_p/Q_f asumsi berdasarkan tabel 2.3 adalah 0,6718. Kemudian dilakukan perhitungan

$$Q_{\text{total akumulasi}} = 0,0006 \text{ m}^3/\text{det}$$

$$Q_p/Q_f = 0,6718$$

Sehingga:

$$Q_{full} = \frac{Q_{total \text{ akumulasi}}}{Q_p/Q_f}$$

$$Q_{full} = \frac{0,0006 \text{ m}^3/det}{0,6718}$$

$$Q_{full} = 0,00089 \text{ m}^3/det$$

b. Dimensi Pipa

Pipa yang akan digunakan yaitu pipa PVC sehingga nilai kekasaran manning (n) berdasarkan tabel 2.2 adalah 0,015 dan slope yang digunakan adalah 0,006 Kemudian dilakukan perhitungan dimensi pipa, menggunakan persamaan 2.14.

$$D_{pipa} = \left[\frac{0,00089 \text{ m}^3 / \text{det} \times 0,015}{0,3117 \times 0,006^{1/2}} \right]^{0,375}$$

Tabel 5. 18 Diameter Pipa dan Nilai Self Cleansing Velocity Zona Kali Kuantan

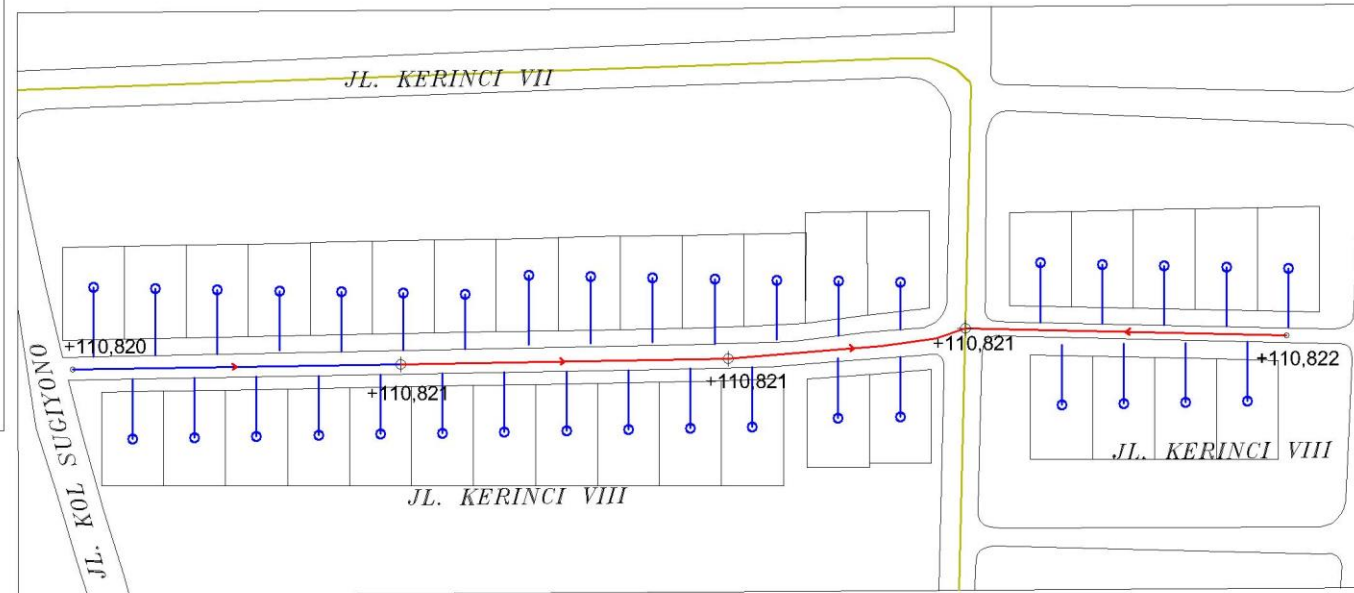
JALUR	MANHOLE		Jenis Pipa	LPipa	Q total	Q total	Qtotal	Asumsi						Perencanaan								
							Akumulasi	d/D	Qp/Qf	Qfull	n	Slope	D pipa	Dpipa Dipilih	Kontrol Aliran Pada Diameter	Qfull Diameter	Luas Penampang (A)	Vfull	Qp/Qf	d/D	Vp/Vf	Vp
	m³/det	m³/det					m/m			m		m	mm			m³/det						m²
1	1	2	lateral	50	0,2534	0,0003	0,0003	0,6	0,6718	0,00038	0,015	0,006	0,044	0,10	100	0,00385	0,00785	0,49009	0,0659	0,18	0,5775	0,2830
2	2	3	lateral	50	0,7286	0,0007	0,0010	0,6	0,6718	0,00146	0,015	0,006	0,072	0,15	150	0,01059	0,01766	0,59930	0,0928	0,21	0,6331	0,3794
3	3	4	lateral	50	1,2046	0,0012	0,0022	0,6	0,6718	0,00325	0,015	0,006	0,098	0,15	150	0,01059	0,01766	0,59930	0,2066	0,32	0,8038	0,4817
4	4	5	lateral	62	1,6793	0,0017	0,0039	0,6	0,6718	0,00575	0,015	0,006	0,121	0,15	150	0,01059	0,01766	0,59930	0,3652	0,42	0,9239	0,5537

Sumber: Hasil Analisis, 2020

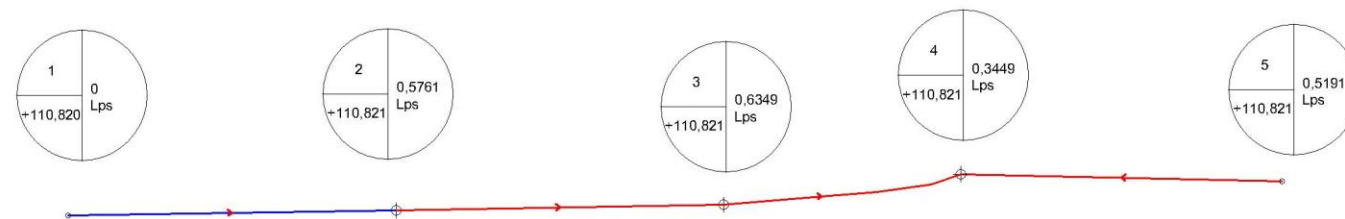
Tabel 5. 19 Diameter Pipa dan Nilai Self Cleansing Velocity Zona Kali Merbau

JALUR	MANHOLE		Jenis Pipa	LPipa (meter)	Q total l/det	Q total m³/det	Qtotal	Asumsi							Perencanaan								
							Akumulasi	d/D	Qp/Qf	Qfull	n	Slope	D pipa	Dpipa Dpilih	Kontrol Aliran Pada Diameter	Qfull Diameter	Luas Penampang (A)	Vfull	Qp/Qf	d/D	Vp/Vf	Vp	
	m³/det	m³/det					m/m			m												m	mm
1	1	2	lateral	50	0,4754	0,0005	0,0005	0,6	0,6718	0,00071	0,015	0,006	0,055	0,10	100	0,00385	0,00785	0,49009	0,1236	0,24	0,6844	0,3354	
2	2	3	lateral	50	0,9561	0,0010	0,0014	0,6	0,6718	0,00213	0,015	0,006	0,083	0,15	150	0,01059	0,01766	0,59930	0,1352	0,25	0,7007	0,4199	
3	3	4	lateral	50	1,3193	0,0013	0,0028	0,6	0,6718	0,00409	0,015	0,006	0,106	0,15	150	0,01059	0,01766	0,59930	0,2599	0,37	0,8675	0,5199	
4	4	5	lateral	43	1,6839	0,0017	0,0044	0,6	0,6718	0,00660	0,015	0,006	0,127	0,15	150	0,01059	0,01766	0,59930	0,4189	0,46	0,9640	0,5777	

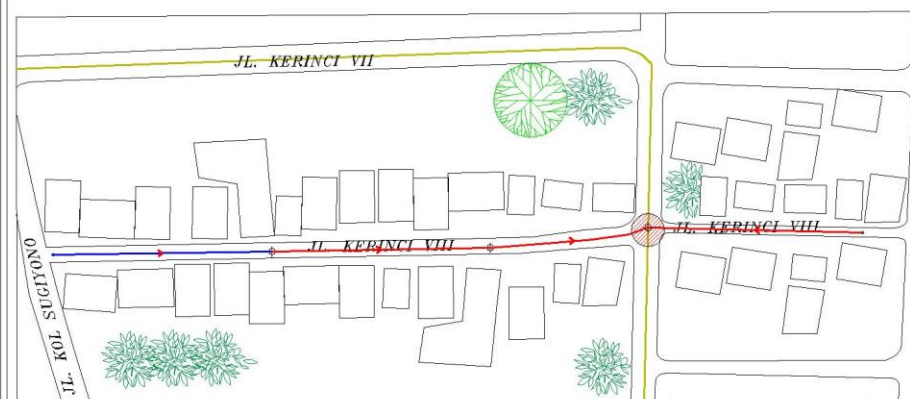
Sumber: Hasil Analisis, 2020



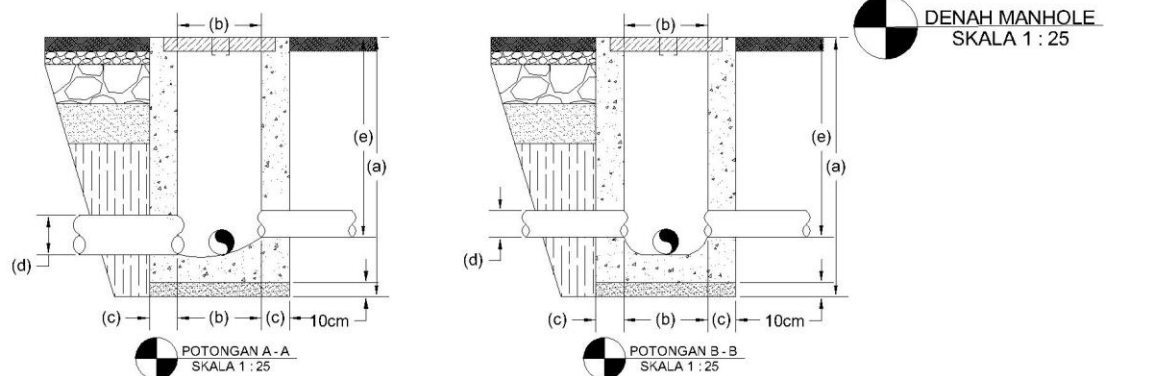
PETA RENCANA JARINGAN PIPA ZONA KERINCI 8
SKALA 1 : 1000



DETAIL NODE
SKALA 1 : 1000



DETAIL SITUASI
SKALA 1 : 1500
















PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA

TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

PETA RENCANA JARINGAN PIPA
ZONA KERINCI 8

KETERANGAN

- KETERANGAN**
-  Pipa diameter 100 mm
 -  Pipa diameter 150 mm
 -  Pipa lateral eksisting
 -  Sambungan rumah baru
-  **Manhole eksisting**
-  **Elevasi tanah**
-  **Pohon**
- (a) : Ketinggian galian
(b) : Lebar manhole
(c) : Ketebalan beton
(d) : Diameter pipa
(e) : Kedalaman pipa
(x) : Diameter tulangan pokok
(y) : Diameter tulangan bagi
-  **Lapis permukaan aspal**
-  **Lapis pondasi atas**
-  **Lapis pondasi bawah**
-  **Tanah urug**
-  **Pasir urug**
-  **Penampang pipa**

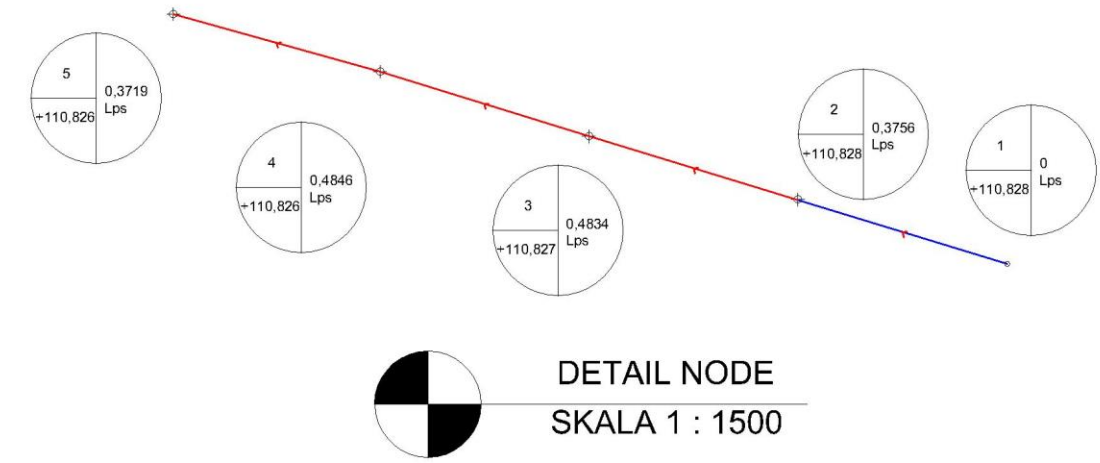
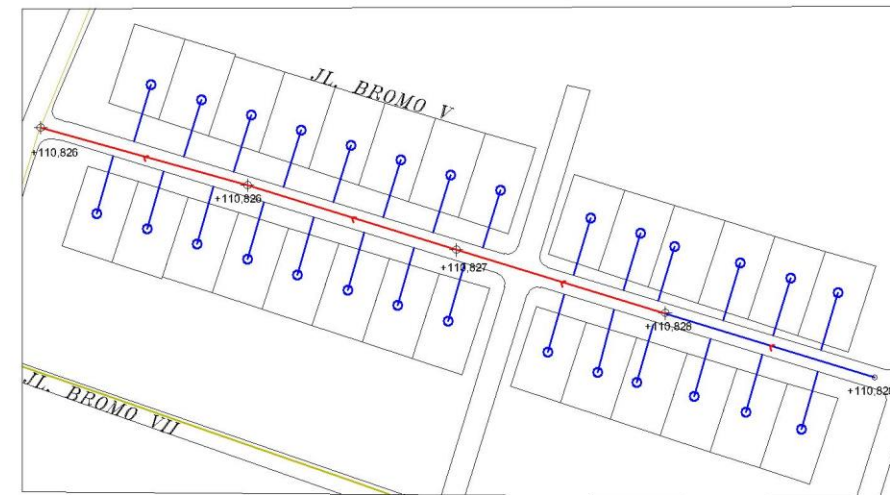
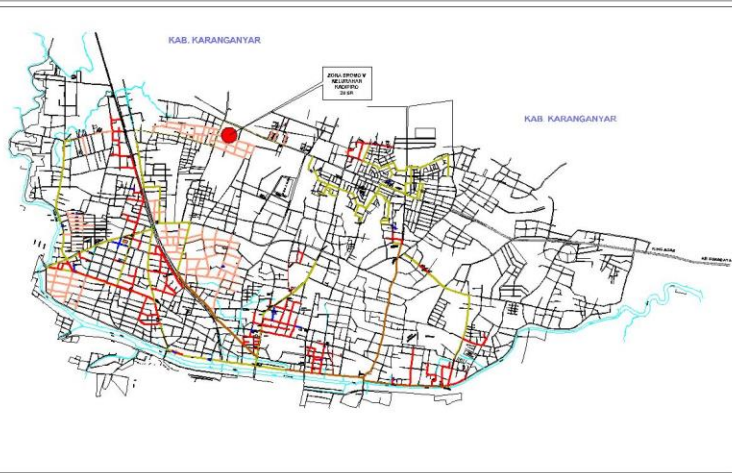
NAMA

AZZAM FATTAHUL FIRDAUS
H75216054

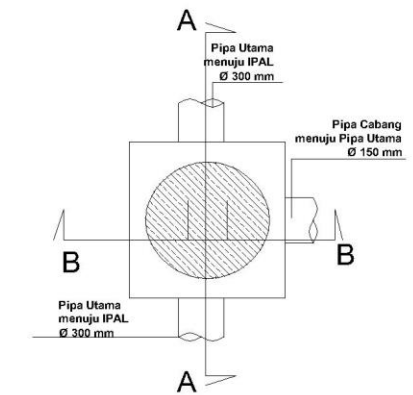
DOSEN PEMBIMBING

ARQOWI PRIBADI, ST, MEng
SULISTIYA NENGSE, ST, MT

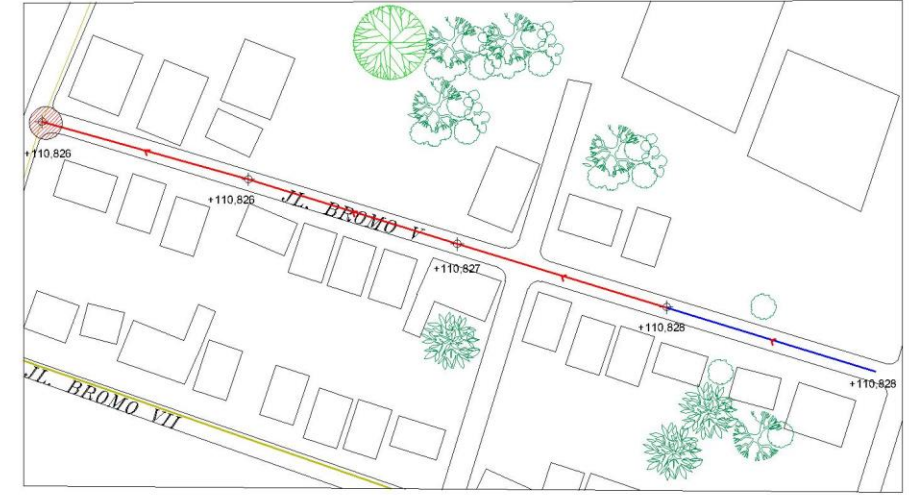
SKALA	NO GAMBAR
1 : 1000 1 : 1500 1 : 25	5.3



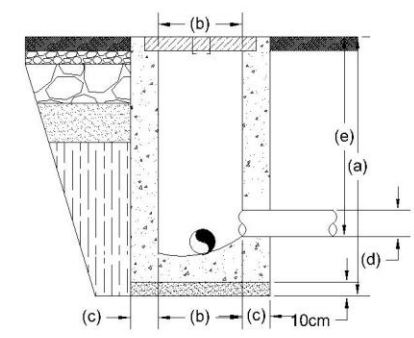
PETA RENCANA JARINGAN PIPA ZONA BROMO V
SKALA 1 : 1500



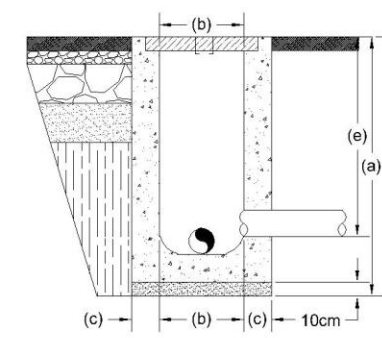
DENAH MANHOLE
SKALA 1 : 25




DETAIL SITUASI
SKALA 1 : 1500



POTONGAN A-A
SKALA 1 : 25



POTONGAN B-B
SKALA 1 : 25



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA

TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

PETA RENCANA JARINGAN PIPA
ZONA BROMO V

KETERANGAN

- Pipa diameter 100 mm
- Pipa diameter 150 mm
- Pipa lateral eksisting
- Sambungan rumah baru
- Manhole eksisting
- Elevasi tanah
- Pohon
- (a) : Ketinggian galian
- (b) : Lebar manhole
- (c) : Ketebalan beton
- (d) : Diameter pipa
- (e) : Kedalaman pipa
- (x) : Diameter tulangan pokok
- (y) : Diameter tulangan bagi
- Lapis permukaan aspal
- Lapis pondasi atas
- Lapis pondasi bawah
- Tanah urug
- Pasir urug
- Penampang pipa

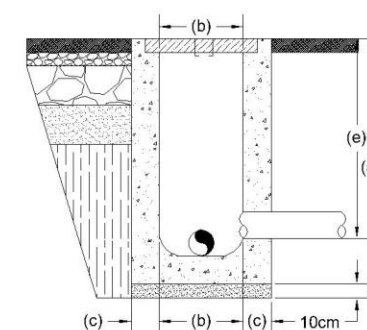
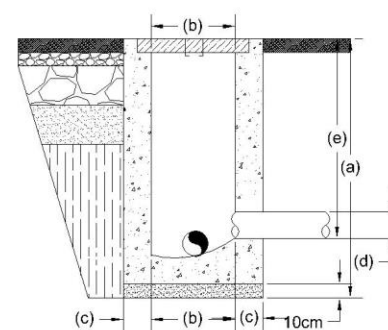
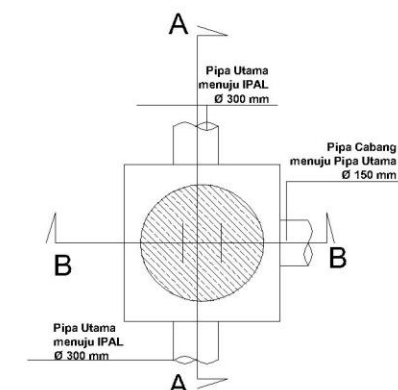
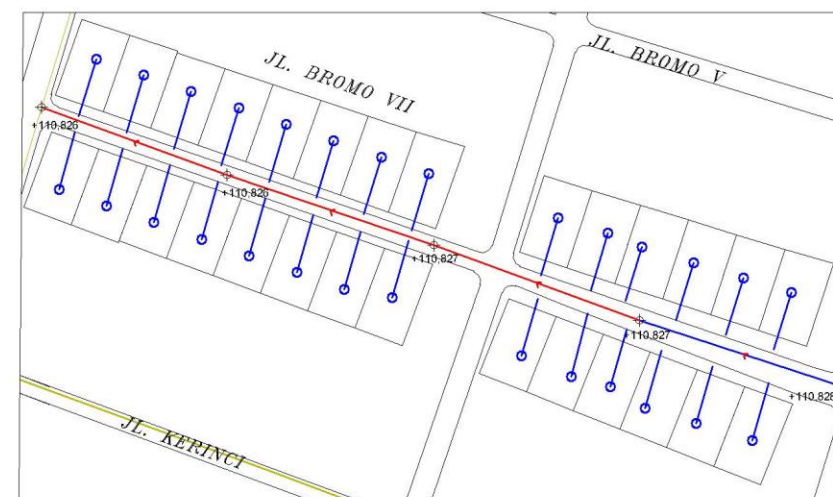
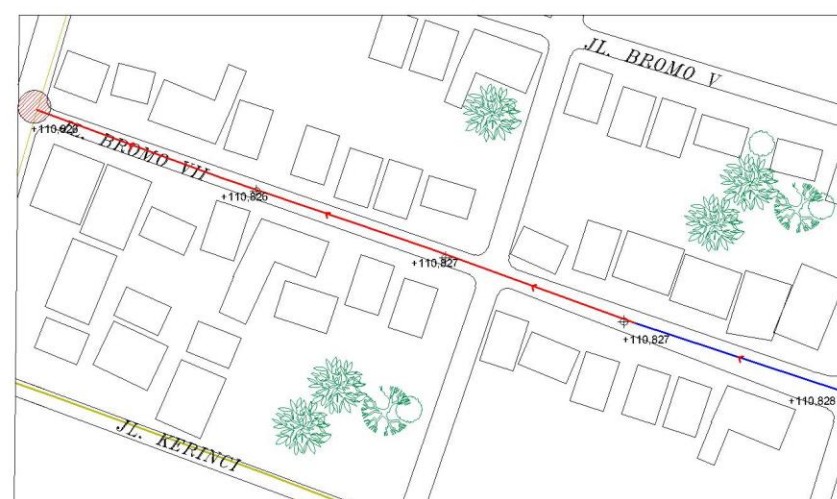
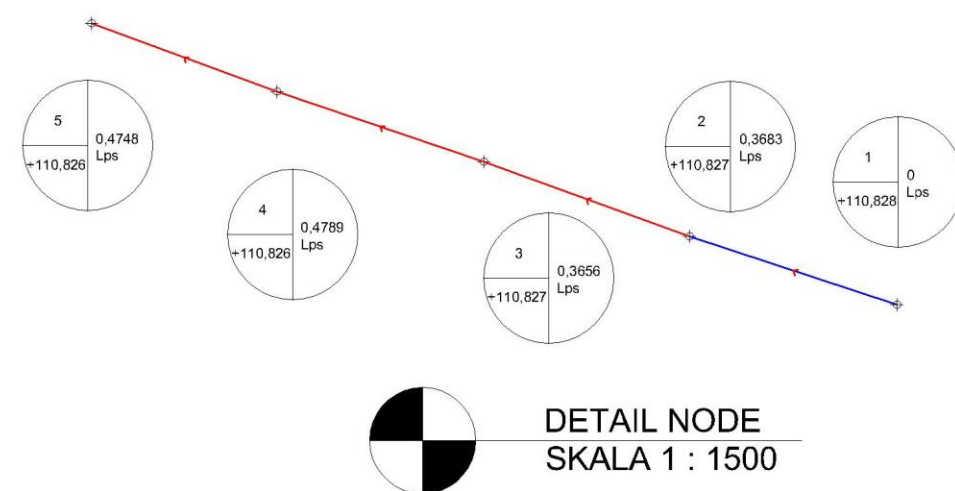
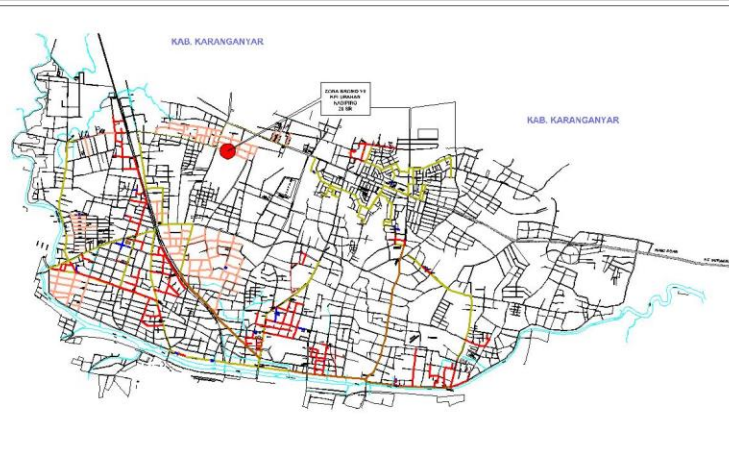
NAMA

AZZAM FATTAHUL FIRDAUS
H75216054

DOSEN PEMBIMBING

ARQOWI PRIBADI, ST, MEng
SULISTIYA NENGSE, ST, MT

SKALA	NO GAMBAR
1 : 1000	5.5
1 : 1500	
1 : 25	



PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA

TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

PETA RENCANA JARINGAN PIPA ZONA BROMO VII

KETERANGAN

- Pipa diameter 100 mm
— Pipa diameter 150 mm
— Pipa lateral eksisting
— Sambungan rumah baru

- 
- Manhole eksisting**

+100,000	Elevasi tanah
----------	---------------


Pohon

- (a) : Ketinggian galian
- (b) : Lebar manhole
- (c) : Ketebalan beton
- (d) : Diameter pipa
- (e) : Kedalaman pipa
- (x) : Diameter tulangan pokok
- (y) : Diameter tulangan bagi

- | | |
|---|-----------------------|
|  | Lapis permukaan aspal |
|  | Lapis pondasi atas |
|  | Lapis pondasi bawah |
|  | Tanah urug |
|  | Pasir urug |
|  | Penampang pipa |

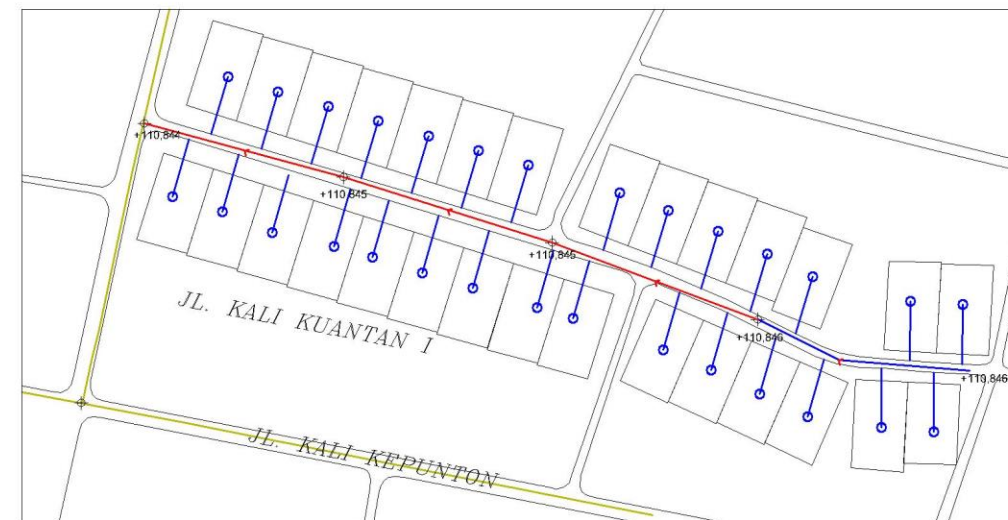
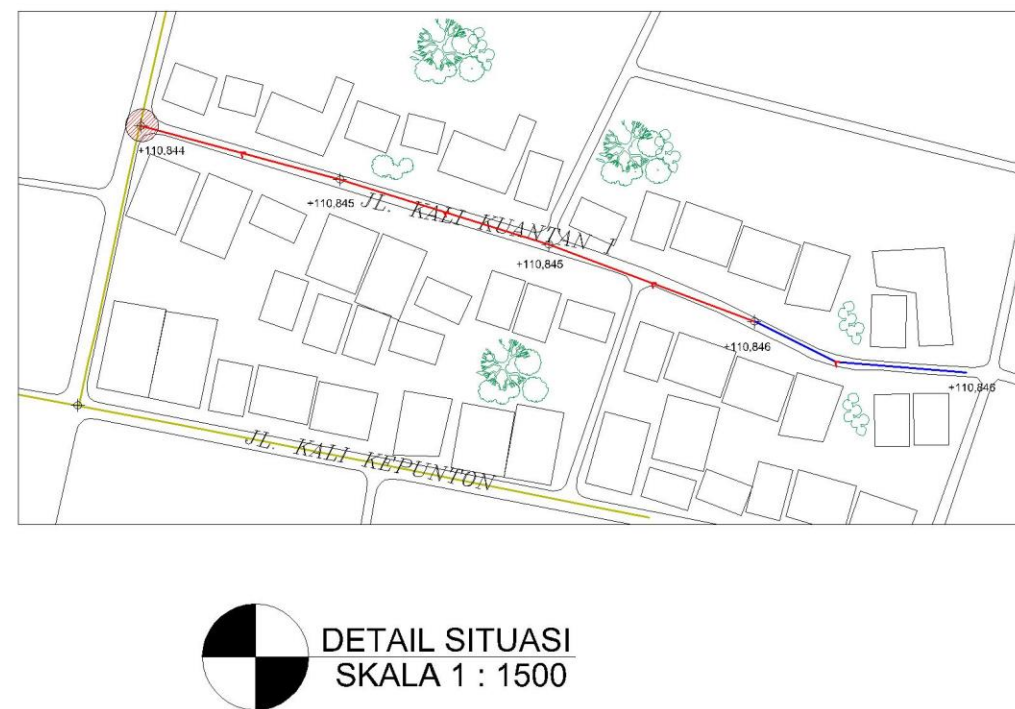
NAMA

AZZAM FATTAHUL FIRDAUS
H75216054

DOSEN PEMBIMBING

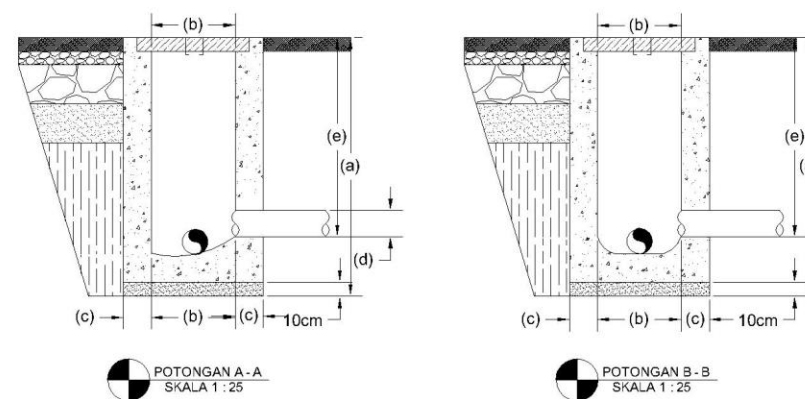
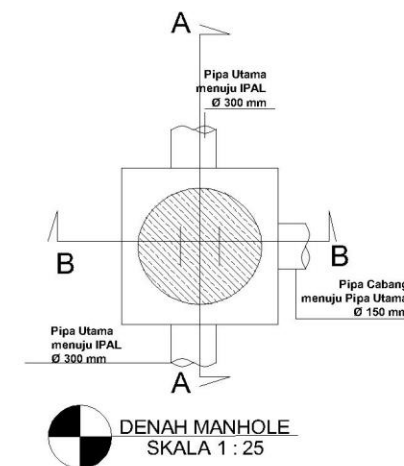
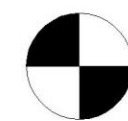
ARQOWI PRIBADI, ST, MEng
SULISTIYA NENGSE, ST, MT

SKALA	NO GAMBAR
1 : 1000	5.6
1 : 1500	
1 : 25	



PETA RENCANA JARINGAN PIPA ZONA KALI Kuantan I

SKALA 1 : 1500
















PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA

TUGAS AKHIR

JUDUL GAMBAR

PETA RENCANA JARINGAN PIPA
ZONA KALI KUANTAN I

KETERANGAN

-  Pipa diameter 100 mm
 Pipa diameter 150 mm
 Pipa lateral eksisting
 Sambungan rumah baru
 Manhole eksisting
 Elevasi tanah
 Pohon
 (a) : Ketinggian galian
 (b) : Lebar manhole
 (c) : Ketebalan beton
 (d) : Diameter pipa
 (e) : Kedalaman pipa
 (x) : Diameter tulangan pokok
 (y) : Diameter tulangan bagi
 Lapis permukaan aspal
 Lapis pondasi atas
 Lapis pondasi bawah
 Tanah urug
 Pasir urug
 Penampang pipa

NAMA

AZZAM FATTAHUL FIRDAUS
H75216054

DOSEN PEMBIMBING

ARQOWI PRIBADI, ST, MEng
SULISTIYA NENGSE, ST, MT

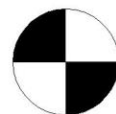
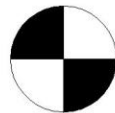
SKALA

1 : 1000

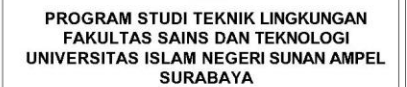
1 : 150
1 : 25

NO GAMBAR

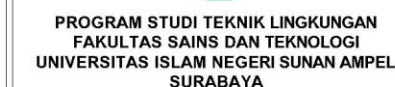
5.7



SKALA 1 : 1500



5.8



JUDUL GAMBAR

PETA RENCANA JARINGAN PIPA ZONA KALI KUANTAN

KETERANGAN

- REFERENSI**
- Pipa diameter 100 mm
 - Pipa diameter 150 mm
 - Pipa lateral eksisting
 - Sambungan rumah baru

-
- Manhole eksisting**

- | | |
|----------|----------------------|
| +100,000 | Elevasi tanah |
|----------|----------------------|

-
- Pohon**

- (a) : Ketinggian galian
- (b) : Lebar manhole
- (c) : Ketebalan beton
- (d) : Diameter pipa
- (e) : Kedalaman pipa
- (x) : Diameter tulangan pokok
- (y) : Diameter tulangan bagi

- | | |
|---|-----------------------|
|  | Lapis permukaan aspal |
|  | Lapis pondasi atas |
|  | Lapis pondasi bawah |
|  | Tanah urug |
|  | Pasir urug |
|  | Penampang pipa |

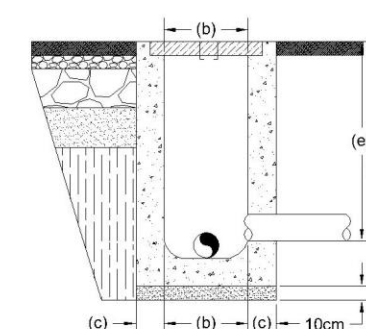
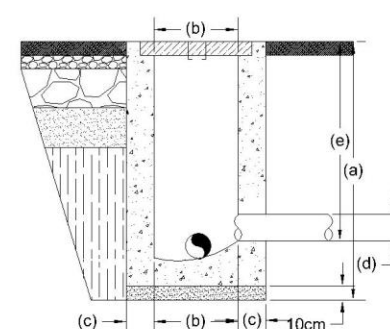
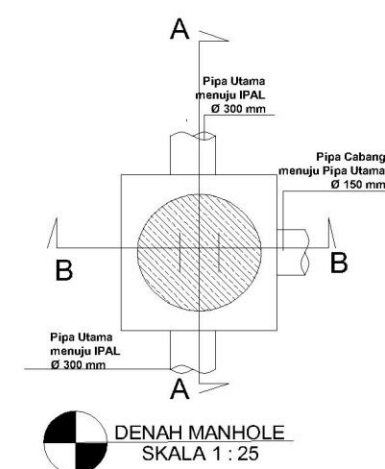
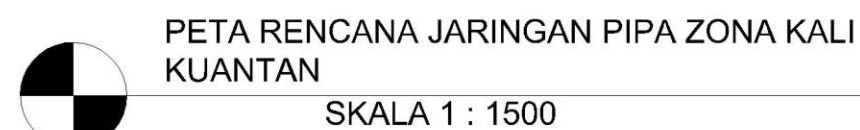
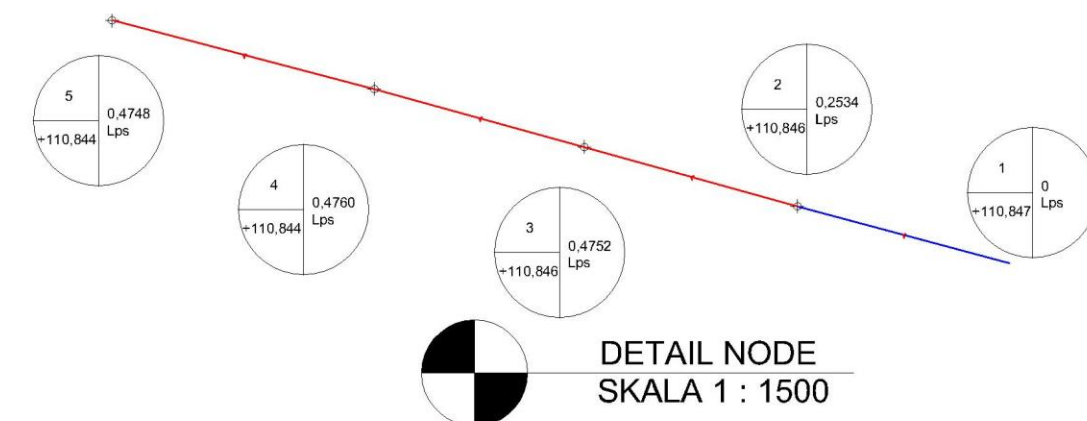
NAMA

AZZAM FATTAHUL FIRDAUS
H75216054

DOSEN PEMBIMBING

ARQOWI PRIBADI, ST, MEng
SULISTIYA NENGSE, ST, MT

SKALA	NO GAMBAR
1 : 1000	5.9
1 : 1500	
1 : 25	



5.3.4 Perhitungan Kedalaman galian Pipa

Kedalaman galian pipa dalam perencanaan SPALD-T dipengaruhi oleh kemiringan (*Slope*) pipa dan kemiringan (*Slope*) tanah. Hasil perhitungan galian pipa akan digunakan untuk menunjang perhitungan Rencana Anggaran Biaya perencanaan ini. Berikut contoh perhitungan galian zona Kerinci 8 jalur perpipaian 1.

Pada zona ini diketahui bahwa:

Diameter pipa (D) = 100 mm

Panjang Pipa (L) = 50 m

Kecepatan Aliran (V) = 0,3297 m/det

Slope rencana = 0,006

Elevasi Tanah Awal = 110,820 m

Elevasi tanah Akhir = 110,821 m

Kemudian dihitung *slope* tanah sebagai berikut

$$Slope Tanah(S) = \frac{elevasi\ awal - elevasi\ akhir}{panjang\ pipa}$$

$$Slope\ Tanah(S) = \frac{110,820\ m - 110,821\ m}{50\ m}$$

$$Slope\ Tanah(S) = -0,00002$$

Pada zona ini elevasi tanah awal sedikit lebih tinggi dari elevasi tanah akhir. *Slope* tanah pada zona ini adalah -0,00002 dan nilainya masih di bawah *slope* rencana yaitu 0,006. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung beda ketinggian penanaman pipa awal dan akhir berdasarkan *slope* rencana. Kedalaman pipa awal yaitu 0,7 m, sehingga perhitungan kedalaman pipa akhir sebagai berikut:

Elevasi pipa awal = 110,120 m

$$\Delta H = \text{slope} \times \text{panjang pipa}$$

$$\Delta H = 0,006 \times 50 \text{ m}$$

$$\Delta H = 0,300 \text{ m}$$

Tabel 5. 20 Tinggi Galian Pipa Zona Kerinci 8

JALUR	MANHOLE		D	L pipa	V	Elevasi Tanah Awal	Elevasi Tanah Akhir	Slope Tanah	Elevasi Pipa Awal	Slope Pipa	ΔH	Elevasi Pipa Akhir	Tinggi Galian
	Dari	Ke	mm	m	m/dt	m	m		m		m	M	m
1	1	2	100	50	0,3297	110,820	110,821	-0,00002	110,120	0,006	0,300	109,820	1,001
2	2	3	150	50	0,4407	110,821	110,821	0,00000	109,820	0,006	0,300	109,520	1,301
3	3	4	150	39	0,5219	110,821	110,821	0,00000	109,520	0,006	0,234	109,286	1,535
4	5	4	150	49	0,3231	110,822	110,821	0,00002	110,122	0,006	0,294	109,828	0,993

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 21 Tinggi Galian Pipa Zona Kerinci 9 dan Kerinci dalam 6

JALUR	MANHOLE		D	L pipa	V	Elevasi Tanah Awal	Elevasi Tanah Akhir	Slope Tanah	Elevasi Pipa Awal	Slope Pipa	ΔH	Elevasi Pipa Akhir	Tinggi Galian
	Dari	Ke	mm	m	m/dt	m	m		m		m	M	m
1	1	2	100	50	0,3093	110,821	110,821	0,00000	110,121	0,006	0,300	109,821	1,000
2	2	3	150	61	0,4054	110,821	110,821	0,00000	109,821	0,006	0,366	109,455	1,366
3	3	4	150	46,6	0,4877	110,821	110,821	0,00000	109,455	0,006	0,280	109,175	1,646

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 22 Tinggi Galian Pipa Zona Bromo V

JALUR	MANHOLE		D	L pipa	V	Elevasi Tanah Awal	Elevasi Tanah Akhir	Slope Tanah	Elevasi Pipa Awal	Slope Pipa	ΔH	Elevasi Pipa Akhir	Tinggi Galian
	Dari	Ke	mm	m	m/dt	m	m		m		m	M	m
1	1	2	100	50	0,2948	110,828	110,828	0,00000	110,128	0,006	0,300	109,828	1,000
2	2	3	150	50	0,3959	110,828	110,827	0,00002	109,828	0,006	0,300	109,528	1,299
3	3	4	150	50	0,4949	110,827	110,826	0,00002	109,528	0,006	0,300	109,228	1,598
4	4	5	150	50	0,5577	110,826	110,826	0,00000	109,228	0,006	0,300	108,928	1,898

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 23 Tinggi Galian Pipa Zona Bromo VII

JALUR	MANHOLE		D	L pipa	V	Elevasi Tanah Awal	Elevasi Tanah Akhir	Slope Tanah	Elevasi Pipa Awal	Slope Pipa	ΔH	Elevasi Pipa Akhir	Tinggi Galian
	Dari	Ke	mm	m	m/dt	m	m		m		m	m	m
1	1	2	100	50	0,2948	110,828	110,827	0,00002	110,128	0,006	0,300	109,828	0,999
2	2	3	150	50	0,3863	110,827	110,827	0,00000	109,828	0,006	0,300	109,528	1,299
3	3	4	150	50	0,4803	110,827	110,826	0,00002	109,528	0,006	0,300	109,228	1,598
4	4	5	150	49	0,5464	110,826	110,826	0,00000	109,228	0,006	0,294	108,934	1,892

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 24 Tinggi Galian Pipa Zona Kali Kuantan I

JALUR	MANHOLE		D	L pipa	V	Elevasi Tanah Awal	Elevasi Tanah Akhir	Slope Tanah	Evelasi Pipa Awal	Slope Pipa	ΔH	Elevasi Pipa Akhir	Tinggi Galian
	Dari	Ke	mm	m	m/dt	m	m		m		m	m	m
1	1	2	100	50	0,3021	110,846	110,846	0,00000	110,146	0,006	0,300	109,846	1,000
2	2	3	150	50	0,4054	110,846	110,845	0,00002	109,846	0,006	0,300	109,546	1,299
3	3	4	150	50	0,5018	110,845	110,845	0,00000	109,546	0,006	0,300	109,246	1,599
4	4	5	150	47	0,5631	110,845	110,844	0,00002	109,246	0,006	0,282	108,964	1,880

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 25 Tinggi Galian Pipa Zona Kali Kepunton

JALUR	MANHOLE		D	L pipa	V	Elevasi Tanah Awal	Elevasi Tanah Akhir	Slope Tanah	Evelasi Pipa Awal	Slope Pipa	ΔH	Elevasi Pipa Akhir	Tinggi Galian
	Dari	Ke	mm	m	m/dt	m	m		m		m	m	m
1	1	2	100	50	0,3163	110,846	110,846	0,00000	110,146	0,006	0,300	109,846	1,000
2	2	3	150	50	0,4145	110,846	110,844	0,00004	109,846	0,006	0,300	109,546	1,298
3	3	4	150	50	0,5087	110,844	110,845	-0,00002	109,546	0,006	0,300	109,246	1,599
4	4	5	150	61	0,5631	110,845	110,845	0,00000	109,246	0,006	0,366	108,880	1,965

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 26 Tinggi Galian Pipa Zona Kali Kuantan

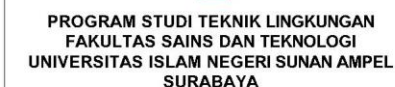
JALUR	MANHOLE		D	L pipa	V	Elevasi Tanah Awal	Elevasi Tanah Akhir	Slope Tanah	Evelasi Pipa Awal	Slope Pipa	ΔH	Elevasi Pipa Akhir	Tinggi Galian
	Dari	Ke	mm	m	m/dt	m	m		m		m	m	m
1	1	2	100	50	0,2633	110,847	110,846	0,00002	110,147	0,006	0,300	109,847	0,999
2	2	3	150	50	0,3451	110,846	110,846	0,00000	109,847	0,006	0,300	109,547	1,299
3	3	4	150	50	0,4650	110,846	110,844	0,00004	109,547	0,006	0,300	109,247	1,597
4	4	5	150	62	0,5405	110,844	110,844	0,00000	109,247	0,006	0,372	108,875	1,969

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Tabel 5. 27 Tinggi Galian Pipa Zona Kali Merbau

JALUR	MANHOLE		D	L pipa	V	Elevasi Tanah Awal	Elevasi Tanah Akhir	Slope Tanah	Evelasi Pipa Awal	Slope Pipa	ΔH	Elevasi Pipa Akhir	Tinggi Galian
	Dari	Ke	mm	m	m/dt	m	m		m		m	m	m
1	1	2	100	50	0,3163	110,847	110,846	0,00002	110,147	0,006	0,300	109,847	0,999
2	2	3	150	50	0,4145	110,846	110,846	0,00000	109,847	0,006	0,300	109,547	1,299
3	3	4	150	50	0,5087	110,846	110,846	0,00000	109,547	0,006	0,300	109,247	1,599
4	4	5	150	43	0,5631	110,846	110,845	0,00002	109,247	0,006	0,258	108,989	1,856

Sumber: Hasil Analisis, 2020



JUDUL GAMBAR

KETERANGAN

Skala:
Horizontal 1 : 1000
Vertikal 1 : 20

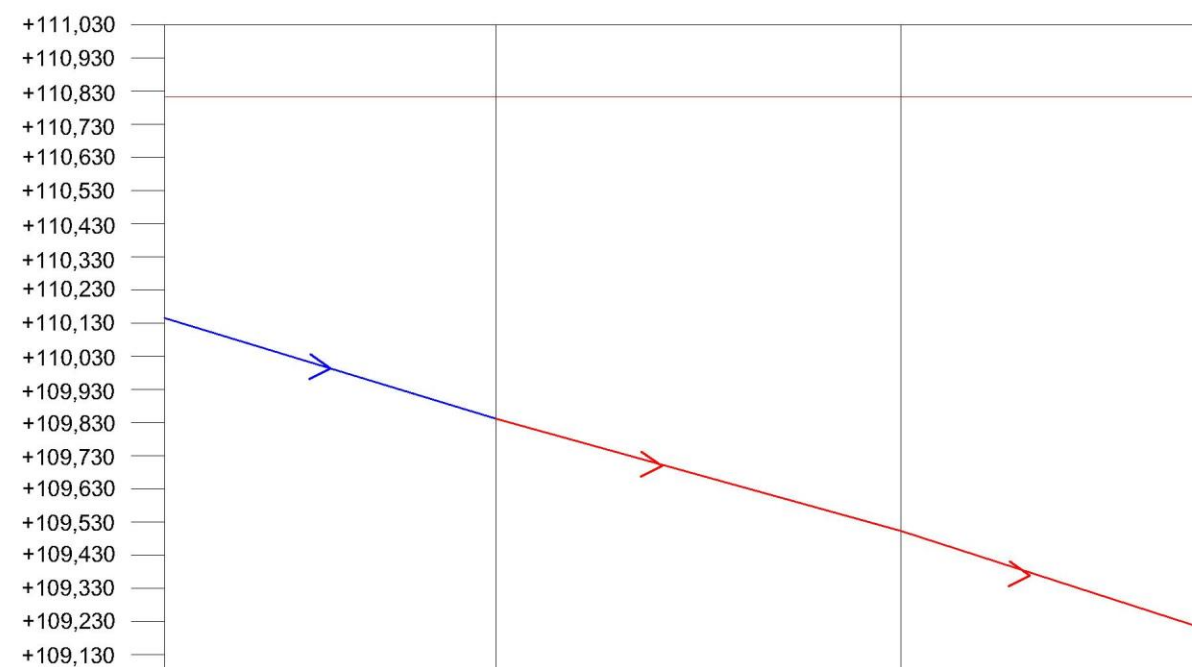
AZZAM FATTAHUL FIRDAUS
H75216054

ARQOWI PRIBADI, ST, MEng
SULISTIYA NENGSE, ST, MT

SKALA	NO GAMBAR
-------	-----------

H 1 : 1000
V 1 : 20

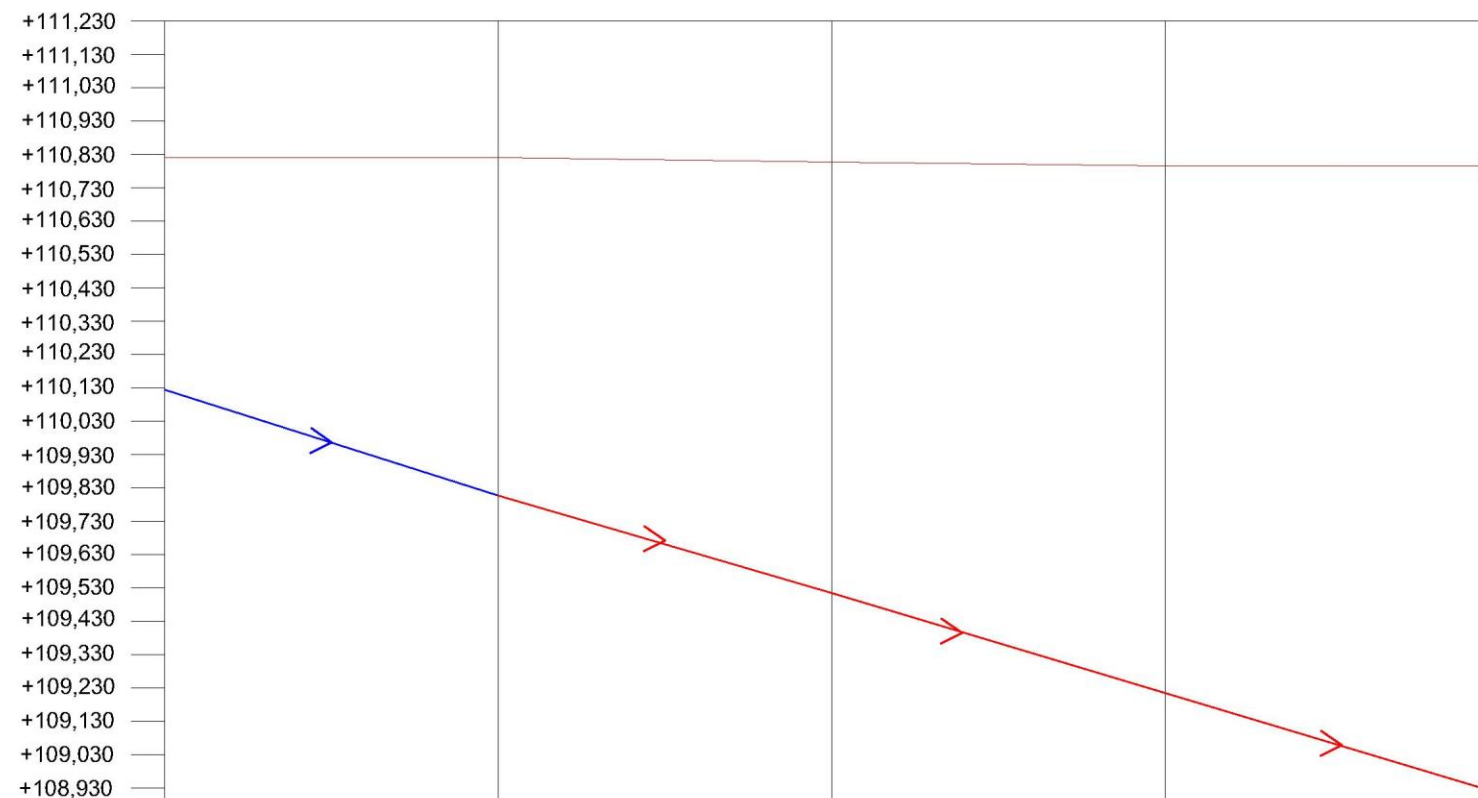
5.11



Skala:
Horizontal 1 : 1000
Vertikal 1 : 20



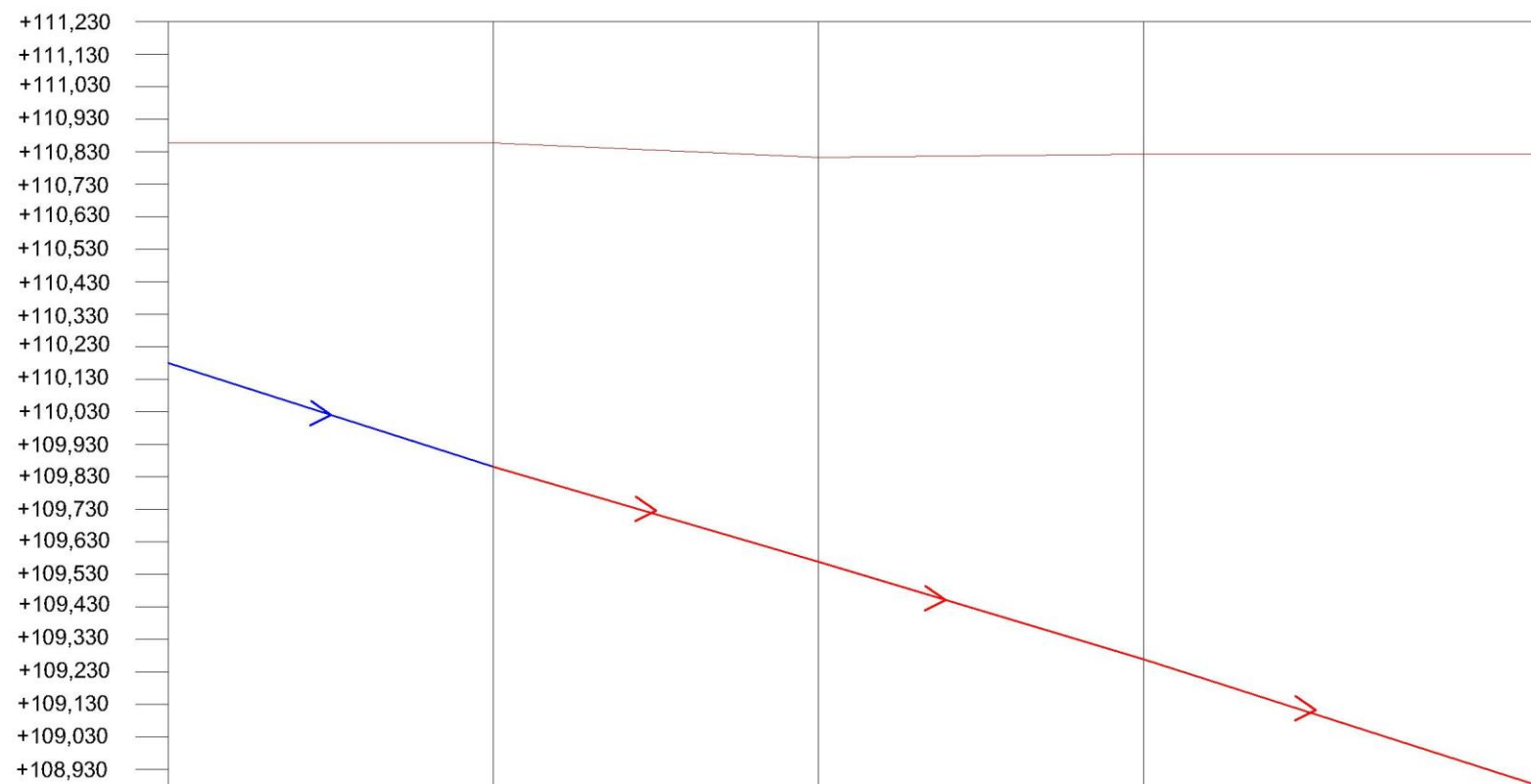
5.12



Skala:
Horizontal 1 : 1000
Vertikal 1 : 20



5.13



Skala:
Horizontal 1 : 1000
Vertikal 1 : 20



5.16

5.4 Penentuan Jenis dan Material Pipa

Dalam menentukan jenis pipa yang akan digunakan pada perencanaan SPALD-T, beberapa faktor perlu diperhatikan antara lain biaya, koefisiensi kekasaran, kedekatan bahan, umur, dan pemeliharaan. Untuk sambungan rumah dan pipa lateral yang paling umum digunakan adalah jenis pipa PVC atau yang berbahan plastik karena mudah dalam pemasangannya dan ekonomis. Pipa PVC yang paling umum digunakan dalam penyaluran air limbah adalah pipa PVC SDR-41. Contoh gambar pipa PVC SDR-41 sebagai berikut



Gambar 5. 20 Pipa PVC SDR-41
(Sumber: CV. Aneka Pratama, 2018)

Pipa SDR-41 menggunakan sistem penyambungan dengan tidak memerlukan alat bantu mesin pemansa maupun lem, penyambungan pipa ini hanya menggunakan *lubricant* untuk penyambungannya. Pipa PVC SDR-41 ini memiliki diameter sebagai berikut

Tabel 5. 28 Spesifikasi Pipa PVC SDR-41

No.	ND		Diameter		Tebal (mm)	Panjang efektif (meter)
	mm	inch	OD	ID		
1	75	3	90	83,6	3,2	6

pekerjaan tanah, pekerjaan pemasangan perpipaan, dan pekerjaan bangunan pelengkap. Spesifikasi teknis pekerjaan SPALD-T ini sebagai berikut.

PASAL 1

PEKERJAAN PERSIAPAN

1. LINGKUP PEKERJAAN

Pekerjaan ini mencakup pembersihan lapangan, pemasangan bouwplank, dan pemasangan papan nama, sesuai petunjuk Gambar Kerja dan Spesifikasi Teknis ini.

2. PEMBERSIHAN LAPANGAN

Kontraktor terlebih dahulu wajib memeriksa keadaan lokasi dan permukaan bidang dimana pemasangan bouwplank dan papan nama akan dipasang sebelum melaksanakan pekerjaan. Pemasangan baru dapat dilakukan setelah semua cacat atau kesalahan pada permukaan bidang tersebut telah diperbaiki dan disetujui Pengawas Lapangan.

3. PEMASANGAN BOUWPLANK

Kontraktor wajib melakukan pengukuran-pengukuran/pematokan dan pemasangan bouwplank menurut gambar rencana yang disesuaikan dengan keadaan lapangan dan harus bertitik tolak pada titik ikat (benchmark) atau patokan-patokan lain seperti ditentukan dalam gambar dengan persetujuan Pimpinan Pelaksana.

a. **Bahan Bouwplank**

Bahan yang di gunakan adalah kayu meranti 5/7 dan kayu papan meranti dengan bentuk dan dimensi serta ketebalan sesuai dengan ketentuan dalam gambar kerja.

b. Pelaksana Pekerjaan

4. LAIN-LAIN

- ## PASAL 2
- ### PEKERJAAN TANAH

c. Pekerjaan Pembuangan tanah

2. PEKERJAAN GALIAN LAPISAN TANAH

- ### 3. PEKERJAAN PENGURUGAN

- #### 4. SUMBER PENGGUNAAN MATERIAL

2. PEKERJAAN PEMASANGAN PIPA SAMBUNGAN RUMAH

a. Bahan

Bahan pipa sambungan rumah adalah dari PVC dan Bahan sekkah merupakan beton precast dengan bentuk dan dimensi sesuai dengan ketentuan dalam gambar kerja.

b. Sambungan

Sambungan pipa SR menggunakan socket, setiap sambungan diperkuat dengan lem pipa standar. Apabila sambungan pipa belok, maka sudut belokan maksimal adalah 45° .

c. Pelaksanaan pekerjaan

Periksa keadaan pipa sambungan di dalam rumah yang akan disambungkan ke SR untuk menyesuaikan dimensi sambungan pipa SR yang akan disambung. Periksa kedalaman galian untuk pipa dan sekkah.

3. PEKERJAAN PEMASANGAN PIPA LATERAL

a. Bahan

Bahan pipa lateral adalah dari PVC dengan dimensi sesuai dengan ketentuan dalam gambar kerja.

b. Sambungan

Sambungan pada pipa lateral menggunakan socket, setiap sambungan diperkuat dengan lem pipa standar. Sambungan pipa setiap 50 meter dilengkapi dengan manhole. Sambungan pada pertemuan 3 atau 4 pipa dilengkapi dengan manhole. Sambungan pada belokan pipa 90° dilengkapi dengan manhole. Ketentuan dimensi pipa lateral diatur dalam gambar kerja.

c. Pelaksanaan pekerjaan

Sambungan pipa lateral dan SR dilengkapi manhole. Pada ujung pipa lateral dilengkapi dengan clean out untuk penggelontoran. Sebelum dilakukan pemasangan pipa, dilakukan pengurugan pasir dengan

2. LINGKUP PEKERJAAN

Pekerjaan bangunan pelengkap meliputi pekerjaan pemasangan manhole dan clean out.

3. PEKERJAAN PEMASANGAN MANHOLE

- Bahan**

Bahan manhole dan clean out terbuat dari beton precast sesuai standar dengan tutup dari plat baja.
- Dimensi**

Dimensi manhole tipikal kedalaman 100 cm dan diameter 80 cm dengan ketebalan beton 10-15 cm.
- Pelaksanaan pekerjaan**

Periksa gambar kerja untuk menyesuaikan jenis manhole yang akan dipasang. Jenis manhole terdiri dari manhole lurus, manhole belokan, manhole pertigaan, dan manhole perempatan. Ketentuan titik pemasangan manhole dan jenis manhole menyesuaikan dengan gambar kerja.

PEKERJAAN LAIN-LAIN / PENUTUP

- [illegible]

- ## 5.7 Bill of Quantity dan Rencana Anggaran Biaya

Volume bahan dan rinciannya dalam sebuah pekerjaan konstruksi disebut dengan *Bil of Quantity*. Sebelum menyusun Rencana Anggaran Biaya perlu menghitung BOQ terlebih dahulu untuk mengetahui volume bahan yang akan digunakan. Volume pekerjaan yang dihitung antara lain:

Pada pekerjaan tanah terdapat dua item pekerjaan antara lain pekerjaan galian dan urugan. Langkah perhitungan volume galian dan urugan sebagai berikut:

$$W = \text{Lebar galian (m)}$$

$$V_{galian} = \frac{0,7 m + 1,001 m}{2} \times 50 m \times 1 m$$

$$V_{galian} = 42,525 m^3$$

Tabel 5. 29 Volume Pekerjaan Galian

JALUR	Jalur Pipa		L pipa	W	H1	H2	Volume
	Dari	Ke	m	m	m	m	m³
Zona Kerinci 8							
1	1	2	50	1	0,7	1,001	42,525
2	2	3	50	1	1,001	1,301	57,550
3	3	4	39	1	1,301	1,535	55,302
4	5	4	49	1	0,7	0,993	41,478
Zona Kerinci 9 dan Kerinci dalam 6							
1	1	2	50	1	0,7	1,000	42,500
2	2	3	61	1	1,000	1,366	72,163
3	3	4	46,6	1	1,366	1,646	70,170
Zona Bromo V							
1	1	2	50	1	0,7	1,000	42,500
2	2	3	50	1	1,000	1,299	57,475
3	3	4	50	1	1,299	1,598	72,425
4	4	5	50	1	1,598	1,898	87,400
Zona Bromo VII							
1	1	2	50	1	0,7	0,999	42,475
2	2	3	50	1	0,999	1,299	57,450
3	3	4	50	1	1,299	1,598	72,425
4	4	5	49	1	1,598	1,892	85,505
Zona Kali Kuantan I							
1	1	2	50	1	0,7	1,000	42,500
2	2	3	50	1	1,000	1,299	57,475
3	3	4	50	1	1,299	1,599	72,450
4	4	5	47	1	1,599	1,880	81,756

$$V_{pasir} = 4,2133 \text{ m}^3$$

Tabel 5. 31 Volume Pasir Urug Jalur Pipa

107

JALUR	Jalur Pipa		Vgalian	Vpipa	VPasir	VUrugan
	Dari	Ke	m	m	m	m ³
Zona Kerinci 8						
1	1	2	42,525	0,3925	4,2133	37,9193
2	2	3	57,550	0,8831	5,6667	51,0002
3	3	4	55,302	0,6888	5,4613	49,1518
4	5	4	41,478	0,8655	4,0613	36,5517
Zona Kerinci 9 dan Kerinci dalam 6						
1	1	2	42,500	0,3925	4,2108	37,8968
2	2	3	72,163	1,0774	7,1086	63,9770
3	3	4	70,170	0,8231	6,9347	62,4125
Zona Bromo V						
1	1	2	42,500	0,3925	4,2108	37,8968
2	2	3	57,475	0,8831	5,6592	50,9327
3	3	4	72,425	0,8831	7,1542	64,3877
4	4	5	87,400	0,8831	8,6517	77,8652
Zona Bromo VII						
1	1	2	42,475	0,3925	4,2082	37,8742
2	2	3	57,450	0,8831	5,6567	50,9102
3	3	4	72,425	0,8831	7,1542	64,3877
4	4	5	85,505	0,8655	8,4640	76,1756
Zona Kali Kuantan I						
1	1	2	42,500	0,3925	4,2108	37,8968
2	2	3	57,475	0,8831	5,6592	50,9327
3	3	4	72,450	0,8831	7,1567	64,4102
4	4	5	81,756	0,8301	8,0926	72,8337
Zona Kali Kepunton						
1	1	2	42,500	0,3925	4,2108	37,8968
2	2	3	57,450	0,8831	5,6567	50,9102
3	3	4	72,425	0,8831	7,1542	64,3877
4	4	5	108,702	1,0774	10,7625	96,8621
Zona Kali Kuantan						
1	1	2	42,475	0,3925	4,2083	37,8743
2	2	3	57,450	0,8831	5,6567	50,9102
3	3	4	72,400	0,8831	7,1517	64,3652
4	4	5	110,546	1,0951	10,9451	98,5058
Zona Kali Merbau						
1	1	2	42,475	0,3925	4,2083	37,8743
2	2	3	57,450	0,8831	5,6567	50,9102
3	3	4	72,450	0,8831	7,1567	64,4102

JALUR	Jalur Pipa		Vgalian	Vpipa	VPasir	VUrugan
	Dari	Ke	m	m	m	m ³
4	4	5	76,734	0,7595	7,5974	68,3766
Total Volume Urugan Tanah						1748,696

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Total volume urugan tanah yang dibutuhkan adalah 1748,696 m³ untuk menutup galian.

b. Pekerjaan Pipa

Perencanaan ini menggunakan pipa PVC SDR 41 yang khusus untuk penyaluran air limbah. Panjang pipa ini pada umumnya adalah 6 meter per batang. Untuk mengetahui jumlah batang pipa yang dibutuhkan dilakukan perhitungan pada tabel

Tabel 5. 33 Jumlah Pipa

Diameter Pipa (mm)	Panjang Pipa (m)	Jumlah pipa (batang)
100	400	67
150	1.157,6	193

Sumber: Hasil Analisis, 2020

Jumlah pipa yang dibutuhkan adalah 67 batang pipa ukuran 100 mm dan 193 batang pipa ukuran 150 mm.

c. Pekerjaan bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap yang dibutuhkan adalah manhole (*Sekkah*) pada SR diameter 30 cm menggunakan beton DN 300 dan manhole diameter 40 cm menggunakan

beton DN 400. Jumlah bangunan pelengkap yang dibutuhkan disajikan pada tabel di bawah.

Tabel 5. 34 Jumlah Bangunan Pelengkap

Jenis bangunan Pelengkap	Jumlah
<i>Sekkah</i>	223
Manhole	39

Sumber: Hasil Analisis, 2020.

5.3.2 Rencana Anggaran Biaya

Proses penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) ini disusun menurut PERMEN PUPR 28 tahun 2016 tentang pedoman analisis harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum. Komponen dari RAB meliputi dari harga upah pekerja, harga bahan, dan harga peralatan. Harga-harga komponen ini berdasarkan harga satuan upah dan bahan Kota Surakarta tahun 2020. Pada RAB perencanaan ini terdapat dua sub bagian pembangunan yaitu, pembangunan SR dan pembangunan jaringan perpipaan. RAB perencanaan pengembangan jalur SPALD-T jalur utara dan tengah kota surakarta sub bagian pembangunan SR dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 5. 35 Rencana Anggaran Biaya Pembangunan SR

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME		HARGA SATUAN	JUMLAH
I	PEKERJAAN TANAH				
1	Pekerjaan 1m3 Galian Tanah Keras sedalam 1 meter	10,00	m3	Rp 81.475,20	Rp 814.752,00
2	Pekerjaan 1m3 Urugan Kembali	8,93	m3	Rp 44.217,50	Rp 394.833,53
3	Pekerjaan 1m3 Pemadatan Tanah	8,93	m3	Rp 44.217,50	Rp 394.833,53
4	Pekerjaan 1m3 Urugan Pasir	0,99	m3	Rp 231.483,50	Rp 229.666,35
PEKERJAAN TANAH					Rp 1.834.085,42

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME		HARGA SATUAN	JUMLAH
6	Pekerjaan Pembersihan Lapangan 1m2	1557,60	m2	Rp 12.938	Rp 20.151.450,00
7	Pekerjaan Pemasangan 1m' Bouwplank	1557,60	m'	Rp 97.157	Rp 151.331.120,16
PEKERJAAN PERSIAPAN					Rp 194.482.570,16
III	PEKERJAAN TANAH				
1	Pekerjaan 1m2 Bongkar Jalan Aspal	1557,60	m2	Rp 138.678,50	Rp 216.005.631,60
2	Pekerjaan 1m3 Galian Tanah Keras sedalam 1 meter	339,95	m3	Rp 81.475,20	Rp 27.697.494,24
3	Pekerjaan 1m3 Galian Tanah Biasa sedalam 2 meter	1.626,63	m3	Rp 26.829,50	Rp 5.845.772,44
4	Pekerjaan 1m3 Pembuangan Tanah sejauh 30 meter	217,89	m3	Rp 44.217,50	Rp 77.322.965,38
5	Pekerjaan 1m3 Urugan Kembali	1.748,70	m3	Rp 44.217,50	Rp 77.322.965,38
6	Pekerjaan 1m3 Pemadatan Tanah	1.748,70	m3	Rp 231.483,50	Rp 44.977.244,05
8	Pekerjaan 1m2 Penetrasi Aspal 3 cm	1.557,60	m2	Rp 131.067,57	Rp 204.150.847,03
9	Pekerjaan 1m3 Urugan Pasir	194,30	m3	Rp 145.492,94	Rp 226.619.803,34
PEKERJAAN TANAH					Rp 775.296.990,64
III	PEKERJAAN PEMASANGAN PIPA & AKSESORIS				
1	Pekerjaan 1m' Pemasangan Pipa PVC Ø 4"	400,00	m'	Rp 80.889,85	Rp 32.355.940,00
2	Pekerjaan 1m' Pemasangan Pipa PVC Ø 6"	1.157,60	m'	Rp 143.552,20	Rp 166.176.026,72
PEKERJAAN PEMASANGAN PIPA & AKSESORIS					Rp 198.531.966,72
IV	PEKERJAAN PEMBANGUNAN MANHOLE				
1	Pekerjaan 1m3 Pembuatan Lantai Kerja Beton Mutu 7,4 Mpa (K.100)	0,56	m3	784.429,06	Rp 437.711,41
2	Pekerjaan Pemasangan 1 buah Clean Out Tutup Beton DN 400	31,00	bh	845.956,10	Rp 26.224.639,10

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari perencanaan SPALD-T Kota Surakarta jalur utara dan tengah ini, kesimpulan yang dapat diambil adalah

1. Kondisi SPALD-T Kota Surakarta terbagi menjadi 3 jalur pelayanan, yaitu jalur Utara, tengah, dan Selatan. Kapasitas SR pada jalur utara masih terpakai 5725 SR dari 10.000 kapasitas SR maksimum atau 57,25%. Sedangkan jalur tengah masih terpakai 683 SR dari kapasitas 6000 SR atau sekitar 11,38% dari maksimum.
2. Pada perencanaan SPALD-T jalur utara dan tengah ini menggunakan sistem gravitasi. Perencanaan pengembangan ini merencanakan 223 SR baru yang terbagi menjadi 110 SR pada jalur Utara dan 113 SR pada jalur tengah. Selain itu, terdapat penambahan jalur perpipaan lateral sepanjang 1557,6 meter atau 1,5576 Kilometer. Jalur perpipaan lateral baru terdiri atas 744,6 meter pada jalur utara dan 813 meter pada jalur tengah.
3. Volume bahan pekerjaan dan Rencana Anggaran Biaya pada perencanaan ini antara lain
 - a. Volume galian tanah 1966,582 m³
 - b. Panjang pipa yang dibutuhkan 1557,6 meter
 - c. Volume urugan pasir 194,300 m³
 - d. Volume urugan tanah 1748,696 m³
 - e. Biaya pembangunan keseluruhan SR Rp. 751.575.151,96
 - f. Biaya pembangunan jaringan perpipaan Rp. 985.823.031,00.
 - g. Sehingga, total biaya setelah dibulatkan adalah Rp. 1.911.100.000,00

2. Monitoring dan evaluasi dilakukan untuk menjaga jaringan per-
agar berfungsi secara optimal.
3. Melakukan optimalisasi dan pengembangan jaringan SPALD-T
wilayah yang belum terlayani jaringan SPALD-T.

2. Monitoring dan evaluasi dilakukan untuk menjaga jaringan per-
agar berfungsi secara optimal.
3. Melakukan optimalisasi dan pengembangan jaringan SPALD-T
wilayah yang belum terlayani jaringan SPALD-T.

2. Monitoring dan evaluasi dilakukan untuk menjaga jaringan per-
agar berfungsi secara optimal.
3. Melakukan optimalisasi dan pengembangan jaringan SPALD-T
wilayah yang belum terlayani jaringan SPALD-T.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS Kota Surakarta. (2020). *Kota Surakarta Dalam Angka 2019.pdf*. BPS Kota Surakarta.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. (2013). *Materi Bidang Air Limbah I: Disemniasi dan Sosialisasi Keteknikan Bidang PLP*. Kementerian PUPR.
- Eckenfelder, W. W. (2000). *Industrial Water Pollution Control* (Third). McGraw Hill Companies Inc.
- Firdaus, A. B. (2019). *EVALUASI SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT PERUMDA AIR MINUM KOTA SURAKARTA (STUDI KASUS SPALD-T JALUR SELATAN)*.
- Iskandar, S., Fransisca, I., Arianto, E., & Ruslan, A. (2016). *Buku 3: SISTEM PENGELOLAAN AIR LIMBAH DOMESTIK TERPUSAT SKALA PERMUKIMAN*. Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.
- Kurniawan, A., & Dewi, N. A. (2015). *PERENCANAAN SISTEM PENYALURAN AIR LIMBAH DOMESTIK KOTA BOGOR MENGGUNAKAN AIR HUJAN UNTUK DEBIT PENGELONTORAN* (Planning of Domestic Wastewater Sewerage in Bogor City Using Rainwater for Flushing Flowrate). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 22(1), 39. <https://doi.org/10.22146/jml.18723>
- Lin, S. D. (2001). *Water And Wastewater Calculations Manual* (second).
- Marhadi. (2016). *ANALISIS SISTEM PENYALURAN AIR BUANGAN DOMESTIK DENGAN OFF SITE SYSTEM (STUDI KASUS*

